

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-160299
 (43)Date of publication of application : 21.06.1996

(51)Int.Cl. G02B 15/16
 G02B 13/18

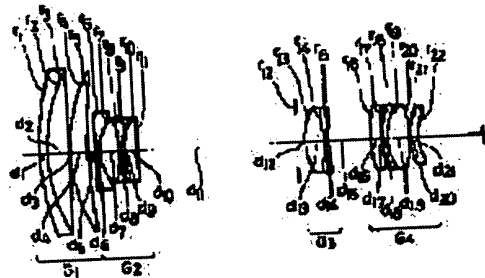
(21)Application number : 06-331412 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD
 (22)Date of filing : 12.12.1994 (72)Inventor : NAGAOKA TOSHIYUKI

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a small zoom lens of high optical performance by composing it of a first, a second groups and a lens group on the image side of the second group and satisfying a specified condition.

CONSTITUTION: This zoom lens is composed of a first lens group a fourth lens group and satisfies the conditions: $-2.0 < f_2/f_w < -1.0$, $1.2 < v_p/v_n$, $-1.5 < f_e/f_w < 2$, $4 < f_1/f_w < 8.4$, $-8.8 < (Re_2 + Re_1)/(Re_2 - Re_1) < -1.6$, where, f_1 , f_2 are focal distances of the first, second lens groups, f_e : the focal distance of lens closest to the image side, f_w : focal distance of the whole system on the wide-angle end, v_p : the Abbe number of a positive lens of the lens group closest to the image side, v_n : the Abbe number of a negative lens of the lens group closest to the image side, Re_1 : the radius of curvature of the surface on the object side of a lens closest to the image side and Re_2 : the radius of curvature of the surface on the image side of a lens closest to the image side.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3434060

[Date of registration] 30.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-160299

(43) 公開日 平成8年(1996)6月21日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 2 B 15/16
13/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 44 頁)

(21) 出願番号 特願平6-331412
(22) 出願日 平成6年(1994)12月12日

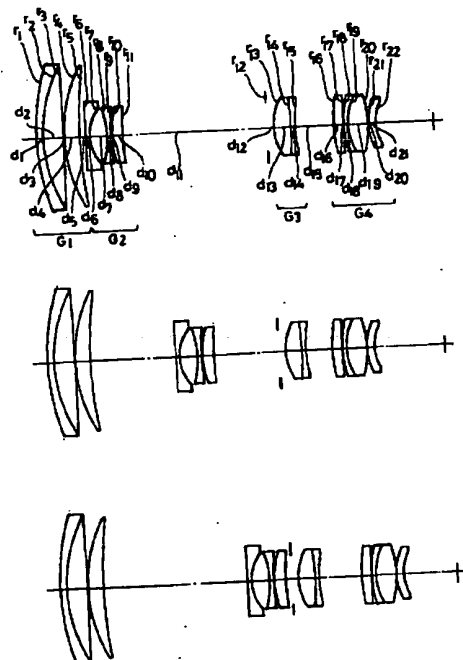
(71) 出願人 000000376
オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(72) 発明者 永岡 利之
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(74) 代理人 弁理士 向 寛二

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、ビデオカメラに適した小型で高い光学性能を有する変倍比が6～8倍程度のズームレンズを提供することを目的とする。

【構成】 本発明のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、それより像側に位置し全体として正の屈折力を有する複数のレンズ群とよりなり、ズーミングの際少なくとも二つのレンズ群を光軸に沿って移動させて変倍とそれに伴う像位置のずれの補正を行なうようにしたレンズ系で、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成され、最も像側に凹面を像側に向けた負のメニスカスレンズを配置したものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を有する複数のレンズ群とよりなり、ズームングの際に少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させることによって変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持たせるようにし、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズとにて構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、下記の条件 (1), (2), (3), (4), (5) を満足するズームレンズ。

- (1) $-2.0 < f_2 / f_1 < -1.0$
- (2) $1.2 < v_p / v_n$
- (3) $-1.5 < f_e / f_1 < 2$
- (4) $4 < f_1 / f_1 < 8.4$
- (5) $-8.8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -1.6$

ただし、 f_1 , f_2 は夫々第 1 レンズ群、第 2 レンズ群の焦点距離、 f_1 は広角端における全系の焦点距離、 f_e は最も像側のレンズの焦点距離、 v_p は最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚の正レンズのアッベ数、 v_n は最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚の負レンズのアッベ数、 R_{e1} は最も像側のレンズの物体側の面の曲率半径、 R_{e2} は最も像側のレンズの像側の面の曲率半径である。

【請求項 2】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を有する複数のレンズ群とよりなりズームングの際に少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させるようにして変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持たせるようにし、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズとで構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚のレンズの 1 面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなる非球面であり、下記条件 (1), (5) を満足するズームレンズ。

- (1) $-2.0 < f_2 / f_1 < -1.0$
- (5) $-8.8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -1.6$

ただし、 f_2 は第 2 レンズ群の焦点距離、 f_1 は広角端における全系の焦点距離、 R_{e1} は最も像側のレンズの物体側の面の曲率半径、 R_{e2} は最も像側のレンズの像側の面の曲率半径である。

【請求項 3】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を持っている複

数のレンズ群とよりなり、ズームングに際して少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させることによって変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持たせるようにし、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズにて構成されズームング中可動で主としてズームングにともなう像面位置のずれを補正する作用を有し、最も像側のレンズが負の屈折力を持っており、下記の条件 (1), (4), (6), (7) を満足するズームレンズ。

- (1) $-2.0 < f_2 / f_1 < -1.0$
- (4) $4 < f_1 / f_1 < 8.4$
- (6) $0.5 < R_{e1} / D_{\pi} < 3$
- (7) $0.2 < R_{e2} / D_{\pi} < 1.9$

ただし、 f_1 , f_2 は夫々第 1 レンズ群および第 2 レンズ群の焦点距離、 f_1 は広角端における全系の焦点距離、 R_{e1} は最も像側のレンズの物体側の面の曲率半径、 R_{e2} は最も像側のレンズの像側の面の曲率半径、 D_{π} は望遠端における最も像側のレンズの物体側の面から像面までの距離、 D_{π} は望遠端における最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離である。

【請求項 4】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を有する複数のレンズ群とよりなり、ズームングに際して少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させるようにして変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用をもたせるようにし、前記複数のレンズ群がいずれも少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズで構成され最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズで構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、最も像側のレンズ群の少なくとも 1 面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面であるズームレンズ。

【請求項 5】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を有する複数のレンズ群とよりなり、ズームングに際して少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させて変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持たせるようにし、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 2 枚の負レンズと少なくとも 1 枚の正レンズとよりなり、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負のメニスカスレンズであり、前記最も像側のレンズ群を物体側に繰り出すことにより近距離物点へのフォーカシングを行なうレンズ系で、下記条件 (4) を満足するズームレンズ。

- (4) $4 < f_1 / f_1 < 8.4$

ただし、 f_1 は第 1 レンズ群の焦点距離、 f_1 は広角端

における全系の焦点距離である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ビデオカメラに適した変倍比が6～8倍程度でFナンバーが2.0程度の小型で高変倍なズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】ビデオカメラの小型、高機能化およびCCD等の撮像素子の微細化に伴い、レンズ系においても、小型高変倍化および結像性能の高性能化が要求され

る。
【0003】一般に、小型で高変倍比のズームレンズを得るためには、例えば特開平1-223408号公報に記載されたレンズ系のように物体側より順に、正、負、正の3群構成のレンズ系や、特開平4-88309号公報に記載されたレンズ系のように、正、負、正、正の4群ズームレンズ、特開平5-224125号公報に記載されたレンズ系のように、正、負、正、正、負の5群ズームレンズで代表されるように、正の屈折力の第1レン

ズ群と負の屈折力の第2レンズ群とそれ以降のレンズ群とからなるズームレンズがある。
【0004】上記の従来のズームレンズを含めズームレンズは、一般にズーミングの際の収差変動を少なくするために、各レンズ群単独で収差が良好に補正されていることが望ましい。しかし上記の従来例は、いずれもレンズ系小型のために各レンズ群の屈折力を強くしているために各群で発生する諸収差を良好に補正しきれず、CCD等の撮像素子の微細化にともなって求められる高性能な像が得られない。特に、レンズ系の全長を短くするた

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ビデオカメラに適した小型で高い光学性能を有する変倍比が6～8程のズームレンズを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群とそれ以降の複数のレンズ群とよりなり、第2レンズ群より像側に位置する複数のレンズ群が全体として正の屈折力を有し、最も像側のレンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成される正の屈折力を有するレンズ群で、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであるレンズ系で、下記の条件(1)、(2)、(3)、(4)、(5)を満足するようにして

【0007】

- (1) $-2.0 < f_2 / f_1 < -1.0$
- (2) $1.2 < v_p / v_n$
- (3) $-1.5 < f_2 / f_1 < -2$
- (4) $4 < f_1 / f_2 < 8.4$
- (5) $-8.8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} + R_{e1}) < -1.6$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_2 は最も像側のレンズの焦点距離、 f_1 はワイド端における全系の焦点距離、 v_p は最も像側のレンズ群の少なくとも1枚の正レンズのアッペ数、 v_n は最も像側のレンズの少なくとも1枚の負レンズのアッペ数、 R_{e1} は最も像側のレンズの物体側の面の曲率半径、 R_{e2} は最も像側のレンズの像側の面の曲率半径である。

【0008】物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群とそれより像側に位置するレンズ群とにて構成されたズームレンズにおいて、高い結像性能を維持したまま全長を短くするためには、第2レンズ群の屈折力を強くせずに第2レンズ群よりも像側のレンズ群の屈折力を強くすることが望ましい。

【0009】本発明は、第2レンズ群の屈折力を適切な値にするためこの第2群の焦点距離が条件(1)を満足するようにした。もし、条件(1)の上限値の-1.0を越えると第2レンズ群の屈折力が強くなり、このレンズ群で発生する諸収差、特に球面収差、軸上の色収差が大になりズーミングに伴う収差変動が大になる。また条件(1)の下限値の-2.0を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなり、ズーミングの際にこのレンズ群の移動量が大きくなりレンズ系の全長を短くすることが困難になる。

【0010】また、第2レンズ群の屈折力を強くせずに第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くすると、これらのレンズ群で発生する正のベッツバール和と軸上色収差が大になる傾向になる。特に、これらレンズ群は、結像作用を有するために正の屈折力を持つ最も像側のレンズ群で前記の収差が悪化する。そのため、高い結像性能を有するズームレンズを達成するためには、これら収差を良好に補正する必要がある。またズームレンズは、ズーミングに伴う収差変動を小さくするため各レンズ群単独で諸収差が良好に補正されていることが望ましい。

【0011】本発明のズームレンズも、結像作用を有する最も像側のレンズ群単独でベッツバール和と軸上色収差が良好なレベルに補正されていることが望ましい。

【0012】更に本発明のズームレンズは、ズーミングの際の収差変動を小さくするため第2レンズ群の屈折力が条件(1)を満足するように弱いので、このレンズ群で発生する負のベッツバール和は小さく、レンズ系全体では、正のベッツバール和が発生する傾向にあるため最も像側のレンズで発生する正のベッツバール和を良好に

(4)

5

補正する必要がある。

【0013】以上のことから、本発明のレンズ系を、高い結像性能を有するものにするためには、最も像側のレンズ群で発生する正のペッツバル和と軸上色収差とを良好に補正する必要がある。

【0014】本発明のズームレンズは、最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと、少なくとも2枚の負レンズにて構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズとし、又条件(2)、(3)を満足するようにした。

【0015】一般に、ペッツバル和は、屈折率の高いガラスを正レンズに用い、屈折率の低いガラスを負レンズに用いることによって、補正出来る。また色収差は、正レンズに分散の小さいガラスを用い、負レンズに分散の大きいガラスを用いることにより補正できる。しかし、現在利用できる光学ガラスは、分散の小さいものは屈折率が低く、分散の大きいものは屈折率が高いので、色収差とペッツバル和を同時に補正するには限度がある。そこで、最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズをアッベ数差の大きいガラスで構成して、又ペッツバル和をもう1枚の負レンズで補正するようにした。つまり、最も像側の負レンズでペッツバル和を補正し、全体として正の屈折力を持ち低屈折率低分散のガラスを用いた正レンズと、高屈折率高分散のガラスを用いた負レンズで軸上色収差の発生量をコントロールして、レンズ群の色収差を良好に補正した。

【0016】条件(2)は、軸上色収差を良好に補正するためのもので、この条件を満足しないと最も像側のレンズ群にて軸上色収差を良好に補正することが困難になる。

【0017】更に、ペッツバル和の補正作用を有する最も像側のレンズの屈折力は、条件(3)を満足することが望ましい。条件(3)の下限値の-1.5を越えると、最も像側のレンズの屈折力が弱くなりペッツバル和を良好に補正することが困難になる。また条件(3)の上限値の-2を越えるとペッツバル和が補正過剰になり、像面が像面側に倒れるため好ましくない。

【0018】又、ペッツバル和の補正作用をもつ負レンズは、凹面を像側に向けたメニスカス形状にしマーヅナル光線の光線高が比較的低い最も像側に配置するのが好ましい。このような配置にすることにより球面収差やコマ収差を悪化させることなしにペッツバル和を良好に補正することが可能である。もし、この最も像側のレンズが凹面を物体側に向けたメニスカス形状又は両凹形状であると、特に高次の球面収差、コマ収差が悪化し好ましくない。

【0019】又、本発明のレンズ系において、結像性能が高いレンズ系を達成するためには、第1レンズ群の屈折力を前記の条件(4)を満足するように定めるのが望

ましい。

【0020】条件(4)の上限値の8.4を越えると、第1レンズ群の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長を短くすることが困難になる。また下限値の4を越えると第1レンズ群の屈折力が強くなりすぎて、特にワイド側で発生する倍率の色収差が大になりこれを補正することが困難になる。

【0021】又、本発明のレンズ系は、最も像側の負レンズのレンズ形状が条件(5)を満足するようにした。

【0022】条件(5)の下限値の-8.8を越えるとこの負レンズの屈折力が弱くなりペッツバル和を良好に補正することが困難になる。又、上限値の-1.6を越えたとこの負レンズで発生する負の球面収差、コマ収差が大になり、これを最も像側のレンズ群単独で補正することが困難になる。

【0023】また、本発明のズームレンズの第2の構成は次に述べるものである。即ち、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、それより像側に位置する複数のレンズ群よりなり全体として正の屈折力を有して、最も像側のレンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズとよりなり全体として正の屈折力を持ち、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、最も像側のレンズ群中の少なくとも1枚のレンズの少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面であって、上記の条件(1)、(5)を満足するレンズ系である。

【0024】本発明のレンズ系において、レンズ系の全長を短くするには、第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くすることが望ましいが、最も像側のレンズ群は、結像作用を有し比較的強い正の屈折力を持つことになる。そのために、ペッツバル和と軸上色収差の発生量が大になる傾向があり、高い結像性能を持つレンズ系を達成するには、これら収差を良好に補正する必要がある。これら収差を補正するためには、上述のように、最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズで構成し、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズにて構成することが望ましい。最も像側のレンズ群を上記のような構成にすることにより、このレンズ群の屈折力を強くしてもペッツバル和と軸上色収差とを補正することが出来る。しかしこのレンズ群の屈折力を強くすると正レンズにて発生する負の球面収差が大になる傾向となり、均質球面レンズのみでこれを補正することが困難になる。

【0025】本発明のズームレンズにおいては、全長が短く高い結像性能を持つズームレンズを達成するために、最も像側のレンズ群にて発生するペッツバル和、軸上色収差に加えて球面収差を良好に補正することが望まれる。

(5)

7

【0026】そのため、本発明において、最も像側のレンズ群に少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が強くなる非球面である非球面レンズを少なくとも一つ用いることが好ましい。最も像側のレンズ群に、上記のような形状の非球面を用いれば、このレンズ群にて発生する負の球面収差を良好に補正すること*

$$x = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - P(y/r)^2}} + \sum_{i=1}^n A_{2i} y^{2i}$$

【0028】上記式は、x軸を光軸方向にとり、y軸を光軸と直角方向にとったもので、rは非球面の光軸上の曲率半径、 A_{2i} は非球面係数である。

【0029】本発明のズームレンズの第3の構成は次の通りである。即ち、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームの際に可動で主として変倍作用を有する第2レンズ群と、それより像側のレンズ群とよりなり、最も像側のレンズ群が少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズとよりなり全体として正の屈折力を有しズームの際に可動で主としてズームに伴う像面位置のずれを補正する作用を持ち最も像側のレンズが負の屈折力を持つレンズ系で、条件(1)、(4)および下記条件(6)、

(7)を満足するものである。

【0030】(6) $0.5 < R_{n1} / D_{n1} < 3$

(7) $0.2 < R_{n2} / D_{n2} < 1.9$

ただし、 D_{n1} はテレ端における最も像側のレンズの物体側の面から像面までの距離、 D_{n2} はテレ端における最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離である。

【0031】本発明のレンズ系で、第2レンズ群の像側に位置する各レンズ群の屈折力を強くしてレンズ系の全長を短くしようとすると、主として結像作用を有する最も像側のレンズ群で発生する収差が大になる傾向となる。特にペッツバル和と軸上色収差の発生量が大になる。そのため、前述のように最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成して前記収差を補正することを可能にしている。また、この最も像側のレンズ群で発生する特に高次の球面収差およびコマ収差を良好に補正するために、ペッツバル和を補正する作用を有している負レンズを最も像側に配置した。更にこの負レンズが前記条件(6)、

(7)を満足することが好ましい。

【0032】最も像側の負レンズにて球面収差とコマ収差を悪化させずにペッツバル和を良好に補正するためには、理論的には、この負レンズの形状を像点に対してほぼアプラナティックな構成にすることが望ましい。このような構成にすれば、球面収差とコマ収差を悪化させずにペッツバル和を良好に補正することが可能になる。しかし、実際上は最も像側のレンズ以外のレンズで発生する残存収差の補正や各ズーム状態での収差の発生量のバランスをとるためアプラナティックな条件から若

*が可能になる。もし、光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が強くなるような非球面を用いると負の球面収差の発生量が大になり好ましくない。

【0027】上記の本発明のズームレンズに用いる非球面の形状は、下記の式(a)にて表わされる。

(a)

干外れることがあり、本発明のレンズ系では条件

(6)、(7)を満足することが望ましい。

【0033】もし条件(6)の下限値の0.5を越えると、前記負レンズの物体側の面で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。また条件

(6)の上限値の3を越えると、この面で発生する負の球面収差およびコマ収差が小さくなり、最も像側のレンズ群で発生する正の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。

【0034】条件(7)の下限値の0.2を越えると負レンズの像側の面で発生する高次の正の球面収差およびコマ収差が大になり、条件(7)の上限値の1.9を越えるとこの面で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になる。

【0035】また、本発明のズームレンズの第4の構成は、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、それより像側に位置する複数のレンズ群とからなり、第2レンズ群より像側のレンズ群がいずれも少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとにて構成され、最も像側のレンズ群を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズ群が凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、最も像側のレンズ群の少なくとも1枚のレンズが少なくとも1面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面形状であるレンズ系である。

【0036】本発明のレンズ系は、高い結像性能を維持しつつレンズ系の全長を短縮するために第2レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くしている。そのため、これらレンズ群で発生するペッツバル和、軸上色収差、球面収差の補正が困難になる。したがって、上述のように、最も像側のレンズ群を正の屈折力をもち少なくとも1枚の正レンズと少なくとも2枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズを凹面を像側に向けた負のメニスカスレンズとし、最も像側のレンズ群の少なくとも1枚のレンズの少なくとも1面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面形状にした。

【0037】また、第2のレンズ群より像側の各レンズ群の中で最も像側のレンズ群以外のレンズ群は、最も像側のレンズ群に比べ屈折力が弱いため、諸収差は、最も

像側のレンズ群程大きくない。しかし、最も像側のレンズ群よりも物体側のレンズ群へは、第2レンズ群からの発散光束が入射するために軸上色収差の発生量は大きな傾向にあり、高い結像性能のレンズ系を達成するためにはこれを良好に補正することが必要である。

【0038】そのため、本発明のレンズ系において、第2レンズ群より像側の各レンズ群は少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズにて構成することが望ましい。このように構成することによって各レンズ群で発生する軸上色収差を良好に補正することが可能になる。これらレンズ群を1枚のレンズで構成すると軸上色収差の補正が困難になる。

【0039】又本発明のズームレンズの第5の構成は、物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と負の屈折力の第2レンズ群と、それより像側の複数のレンズ群とからなり、第2レンズ群より像側の複数のレンズ群全体が正の屈折力を持ち、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、最も像側のレンズ群が少なくとも2枚の負レンズと少なくとも1枚の正レンズとよりなり正の屈折力を持つレンズ群で、この最も像側のレンズ群を物体側に繰り出すことによりフォーカシングを行なうレンズ系で、上記条件

(4)を満足するものである。

【0040】全長が短く高い結像性能を持つズームレンズを得るためには、最も像側のレンズ群の構成が重要である。本発明のレンズ系は、前述のように最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負のメニスカスレンズであり、この負のメニスカスレンズを含めて少なくとも2枚の負レンズと少なくとも1枚の正レンズで構成すれば、このレンズ群で発生するベッツパール和、軸上色収差を良好に補正することが可能になる。

【0041】一方、高性能なレンズ系を達成するためには、フォーカシングの際の収差変動を小さくする必要がある。本発明のズームレンズにおいてフォーカシングの際の収差変動を小さくするためには、最も像側のレンズ群を物体側に繰り出すことによって近距離物点へのフォーカシングを行なうことが望ましい。この最も像側のレンズ群によりフォーカシングを行なえば、フォーカシングの際の収差変動を小さくすることが可能である。特にこのレンズ群では高い結像性能を達成するためベッツパール和および軸上色収差が良好に補正されているので、このレンズ群によりフォーカシングを行なえば収差変動の少ないレンズ系を達成できる。

【0042】収差変動が少ない状態でフォーカシングを行なうためには、正の屈折力の第1レンズ群によりフォーカシングを行なうことが考えられる。しかしワイド側の軸外光束を確保する必要上、第1レンズ群内のレンズ径が大きくなり好ましくない。また第1レンズ群又は最も像側のレンズ群以外のレンズ群でフォーカシングを行なうとフォーカシングの際の収差変動が大であり好ま

くない。

【0043】以上の理由から、本発明のレンズ系においては、最も像側のレンズ群によりフォーカシングを行なうことが望ましい。

【0044】また、本発明のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生する球面収差は、非球面を用いて補正することができるが、この非球面は、最も像側の負のメニスカスレンズ以外のレンズに設けることが好ましい。

【0045】最も像側のレンズ群の屈折力を強くしたことにより発生する負の球面収差は、特にこのレンズ群内の軸上光線高の高い物体側のレンズで大きく発生する。しかしこのレンズ群は、結像作用を有するため最も像側の負レンズの軸上光線高は低くなる傾向にある。そのため、物体側のレンズで発生する球面収差を補正するために最も像側の負レンズに非球面を設けると、非球面量を大きくしなければならない。

【0046】一方、最も像側のレンズにおいては物体側のレンズに比較して軸外光線高が高いので非球面量を大にすると非点収差等の軸外収差が著しく悪化する。また、非球面量が大きであると非球面の製造公差や偏芯等を極めて小にしなければならず、製造上好ましくない。したがって、本発明のズームレンズにおいては、最も像側のレンズ以外のレンズに非球面を設けるのが好ましい。

【0047】また、本発明のズームレンズにおいて次の条件(8)を満足することが望ましい。

【0048】(8) $0.2 < f_w / f_t < 0.5$

ただし、 f_w は広角端における第2群以降のレンズ群の合成焦点距離、 f_t はテレ端における全系の焦点距離である。

【0049】条件(8)は、本発明のレンズ系をコンパクトな構成にしかつワイド側からテレ側に至るまでの結像性能を高く保つための条件である。条件(8)の上限値の0.5を越えると第2レンズ群より像側のレンズ群の屈折力が弱くなりレンズ系の全長を短くすることが困難になる。また下限値の0.2を越えると第2レンズ群より像側の正のレンズ群のトータルの正の屈折力が強くなり、特にこれらレンズ群で発生する球面収差、ベッツパール和の値が大になり、レンズ系全系でのズーミングに伴う収差変動が大になる。

【0050】また、本発明のレンズ系は、上記の構成で第2レンズ群より像側に位置するレンズ群をコンパクトな構成にするためには、下記条件(9)を満足することが好ましい。

【0051】(9) $0.5 < D_w / f_t < 3.2$

ただし D_w はワイド端における最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離である。

【0052】レンズ系の最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離が極端に長いと第2レンズ群より像側のレンズ群の前方のレンズ群の屈折力を弱くする必要が

あり、第2レンズ群以降のレンズ全長を短くすることが困難になる。本発明では条件(9)を満足するようにしてレンズ系の最後の面から像面までの長さが長くないようにした。この条件(9)を満足すれば、第2レンズ群より像側のレンズ群をコンパクトな構成に出来る。

【0053】条件(9)の上限値の3.2を越えると第2レンズ群の像側のレンズ全長が長くなる。また、下限値の0.5を越えると、像面よりも物体側にローパスフィルター等の光学素子を挿入することが困難になる。

【0054】また、上記構成の本発明のズームレンズにおいて、ズームングの際の収差変動を小さくして高い結像性能のレンズ系にするためには、次の条件(10)を満足することが望ましい。

【0055】

$$(10) \quad -0.3 < f_2 / f_1 < -0.1$$

条件(10)の下限値の-0.3を越えると第2レンズ群の屈折力が弱くなりレンズ系の全長を短くすることが困難になる。上限値の-0.1を越えると第2レンズ群の屈折力が強くなり特に第2レンズ群で発生する軸上色収差、球面収差の補正が困難になる。

【0056】また、本発明の上記構成のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生するペッツバル和を良好に補正するためには、最も像側の負レンズの屈折力が下記条件(11)を満足することが望ましい。

【0057】

$$(11) \quad -1.1 < f_2 / f_1 < -2.5$$

条件(11)の下限値の-1.1を越えると最も像側の負レンズの屈折力が小さくなり、ペッツバル和を良好に補正することが困難になる。また上限値の-2.5を越えると、上記負レンズの屈折力が強くなり、ペッツバル和が補正過剰になる。

【0058】本発明のズームレンズは、変倍比が8程度で大であるため、レンズ系をコンパクトにするためには、各レンズ群の屈折力を強くする必要がある。しかしレンズ群の屈折力を極端に強くするとレンズ群で発生する諸収差が大になり、高性能なレンズ系を達成することが困難になる。そのため、本発明のレンズ系において、第1レンズ群の屈折力が下記条件(12)を満足するようにすることが好ましい。

$$【0059】(12) \quad 5 < f_1 / f_2 < 8.2$$

もし条件(12)の下限値を越えると、第1レンズ群の屈折力が強くなり、特にテレ側で発生する軸上色収差の補正が困難になる。また上限値の8.2を越えると、第1レンズ群の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長が長くなり好ましくない。

【0060】本発明の上記構成のレンズ系において下記条件(13)を満足することが望ましい。

【0061】

$$(13) \quad -1.8 < f_2 / f_1 < -1.1$$

本発明のレンズ系において、特に、ズームングに伴う収

差変動を更に小さくして高性能なレンズ系にするためには、条件(13)を満足することが望ましい。

【0062】条件(13)において、下限値の-1.8を越えると、第2レンズ群の屈折力が弱くなり、このレンズ群のズームングに伴う移動距離が長くなり、レンズ系の全長が長くなる。上限値の-1.1を越えると第2レンズ群の負の屈折力が強くなり、このレンズ群で発生する諸収差、特にペッツバル和と正の球面収差が大になりズームングに伴う収差変動が大になり好ましくない。

【0063】また、本発明の上記構成のレンズ系において、一層良好な結像性能にするには、最も像側の負レンズの形状が下記条件(14)を満足することが好ましい。

$$【0064】(14) \quad -8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -2$$

条件(14)において、下限の-8を越えると上記負レンズの屈折力が弱くなりペッツバル和を良好に補正することが困難になり、上限の-2を越えるとこの負レンズで発生する負の球面収差、コマ収差が大になり良好な結像性能を達成することが困難になる。

【0065】また上記構成の本発明のレンズ系において、第2レンズ群より像側のレンズ群のトータルの屈折力を下記条件(15)を満足することが一層好ましい。

【0066】

$$(15) \quad 0.24 < f_m / f_1 < 0.35$$

本発明のレンズ系が、上記条件(15)を満足すれば、第2レンズ群より像側のレンズ群で発生する諸収差を良好に補正しつつこれらレンズ群のレンズ全長を短くすることが可能になる。

【0067】条件(15)の下限値の0.24を越えると、第2レンズ群より像側のレンズ群のトータルの屈折力が強くなり、それらレンズ群にて発生する諸収差、特に球面収差の補正が困難になる。また上限値の0.35を越えると第2レンズ群より像側のレンズ群のトータルの屈折力が弱くなり、これらレンズ群のレンズ全長を短くすることが困難になる。

【0068】本発明のレンズ系は、高い結像性能を達成するために特に色収差を良好に補正する必要がある。しかし、本発明では、高変倍比でしかもレンズ系の全長を短くするために各レンズ群の屈折力を強くする必要がある、ワイド側と比較して特にテレ側での第2レンズ群で発生する軸上色収差の補正が困難である。これを補正するために、本発明では上記構成のレンズ系で、次の条件(16)を満足するようにすることが望ましい。

【0069】

$$(16) \quad -0.25 < f_2 / f_1 < -0.16$$

テレ側での全系の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離が条件(16)を満足すれば、この第2レンズ群で発生する軸上色収差を補正することが可能になる。

【0070】条件(16)において、下限の-0.25を越えると、第2レンズ群の屈折力が弱くなり、レンズ系の全長を短くすることが困難になる。条件(16)の上限の-0.16を越えるとテレ側でのレンズ系全系の焦点距離に対して第2レンズ群の屈折力が強くなりテレ側で発生する軸上色収差が大になる。

【0071】本発明のレンズ系において、最も像側のレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するためには、条件(17)を満足することが好ましい。

【0072】(17) $0.7 < R_{n1} / D_{1r} < 2.3$ 10
条件(17)において、下限の0.7を越えると最も像側の負レンズの物体側の面で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。また条件(17)において、上限の2.3を越えると、この面で発生する負の球面収差およびコマ収差が小になり、最も像側のレンズ群で発生する正の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。

【0073】本発明のレンズ系の最も像側のレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するためには、下記条件(18)を満足することが好ましい。

【0074】(18) $0.5 < R_{n2} / D_{2r} < 1.4$ 20
条件(18)の下限値の0.5を越えると、最も像側のレンズの像側の面で発生する高次の正の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。又上限値の1.4を越えると、この面で発生する正の球面収差およびコマ収差が小になり、最も像側のレンズ群で発生する負の球面収差およびコマ収差が大になり好ましくない。 *

$f = 9.013 \sim 25.682 \sim 71.705$, $F / 2.0$, $2\omega = 50.2^\circ \sim 17.5^\circ \sim 6.22^\circ$			
$r_1 = 65.1572$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.85504$	$v_1 = 23.78$
$r_2 = 41.7949$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$	$v_2 = 65.48$
$r_3 = -554.2452$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 40.8760$	$d_4 = 3.8039$	$n_3 = 1.49845$	$v_3 = 81.61$
$r_5 = 120.1971$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = -817.2662$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$	$v_4 = 63.39$
$r_7 = 11.8578$	$d_7 = 4.4098$		
$r_8 = -24.1270$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$v_5 = 63.39$
$r_9 = 58.0078$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 24.7087$	$d_{10} = 2.8000$	$n_6 = 1.84281$	$v_6 = 21.00$
$r_{11} = 72.8448$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.1000$		
$r_{13} = 14.9806$ (非球面)	$d_{13} = 4.2686$	$n_7 = 1.60520$	$v_7 = 65.48$
$r_{14} = -83.2680$	$d_{14} = 0.8091$	$n_8 = 1.64419$	$v_8 = 34.48$
$r_{15} = 35.0842$	$d_{15} = D_3$ (可変)		
$r_{16} = 30.2694$ (非球面)	$d_{16} = 2.6080$	$n_9 = 1.65425$	$v_9 = 58.52$
$r_{17} = 261.4063$	$d_{17} = 0.1000$		
$r_{18} = 34.2721$	$d_{18} = 1.0000$	$n_{10} = 1.74706$	$v_{10} = 27.79$
$r_{19} = 16.0616$	$d_{19} = 5.2039$	$n_{11} = 1.62032$	$v_{11} = 63.39$
$r_{20} = -28.6026$	$d_{20} = 0.1000$		
$r_{21} = 18.6835$	$d_{21} = 1.8251$	$n_{12} = 1.63004$	$v_{12} = 35.70$
$r_{22} = 11.5369$			

* 【0075】又、本発明のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を持ちズーミングの際に固定である第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズーミングの際に可動である第2レンズ群と、正の屈折力を持ちズーミングの際に固定である第3レンズ群と、それより像側のレンズ群にて構成することが望ましい。つまり第1レンズ群をズーミングの際に固定にすることには、レンズ系の小型化にとって有利である。第1レンズ群は、他のレンズ群と比較して重量が大であるため、このレンズ群を可動とすることは駆動機構の負担が大になり、少量軽量化の点で好ましくない。又第2レンズ群は可動であって変倍作用を有しており、正の屈折力の第3レンズ群は第2レンズ群からの発散光束を光軸にほぼ平行なアフォーカルに近い光束にする作用を有している。このようにしてズーミングの際の像面位置のずれを補正する作用いわゆるコンペンセーターの作用は、ズーミングの際の収差変動を小さくするために第3レンズ群よりも像側のレンズ群にもたせ、第3レンズ群をズーミングの際固定にした。この第3レンズ群へは、第2レンズ群からの強い発散光束が入射するためこのレンズ群を可動としてコンペンセーターとするズーミングに伴う収差変動が大になり好ましくない。

【0076】

【実施例】以下本発明のズームレンズの各実施例を示す。

実施例1

非球面係数

(第13面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.26231 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.79602 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -0.21577 \times 10^{-10}$

(第16面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.64532 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.65869 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -0.13014 \times 10^{-9}$

f 9.013 25.682 71.705
 D_1 1.5 21.4900 36.0930
 D_2 36.5422 16.5616 2.0017
 D_3 9.7755 6.5681 10.8647
 D_3' 9.688 5.956 6.262
 $f_2 / f_1 = -1.58$, $v_p / v_n = 2.28$, $f_e / f_1 = -5.92$
 $f_1 / f_1 = 6.83$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -4.23$
 $R_{e1} / D_{17} = 1.21$, $R_{e2} / D_{27} = 0.85$, $f_{17} / f_1 = 0.28$
 $D_{27} / f_1 = 1.64$, $f_2 / f_1 = -0.20$, $f_3 / f_4 = 1.60$

【0077】実施例2

$f = 8.994 \sim 25.562 \sim 71.508$, $F/2.0$, $2\omega = 51.26^\circ \sim 17.68^\circ \sim 6.62^\circ$
 $r_1 = 62.7632$ $d_1 = 1.8000$ $n_1 = 1.85504$ $v_1 = 23.78$
 $r_2 = 39.9288$ $d_2 = 5.3000$ $n_2 = 1.60520$ $v_2 = 65.48$
 $r_3 = -342.5121$ $d_3 = 0.1000$
 $r_4 = 36.3601$ $d_4 = 3.8000$ $n_3 = 1.45720$ $v_3 = 90.31$
 $r_5 = 110.0863$ $d_5 = D_1$ (可変)
 $r_6 = 62.3425$ $d_6 = 1.0000$ $n_4 = 1.62032$ $v_4 = 63.39$
 $r_7 = 13.8384$ $d_7 = 4.4000$
 $r_8 = -20.7967$ $d_8 = 1.0000$ $n_5 = 1.62032$ $v_5 = 63.39$
 $r_9 = 16.5809$ $d_9 = 0.2000$
 $r_{10} = 14.0319$ (非球面) $d_{10} = 2.4000$ $n_6 = 1.84281$ $v_6 = 21.00$
 $r_{11} = 27.1111$ (非球面) $d_{11} = D_2$ (可変)
 $r_{12} = \infty$ (絞り) $d_{12} = 1.0000$
 $r_{13} = 15.5365$ (非球面) $d_{13} = 1.8000$ $n_7 = 1.62032$ $v_7 = 63.39$
 $r_{14} = 375.2226$ $d_{14} = 0.1000$
 $r_{15} = 10.9958$ $d_{15} = 2.8000$ $n_8 = 1.60520$ $v_8 = 65.48$
 $r_{16} = 47.2402$ $d_{16} = 0.9399$
 $r_{17} = 87.5857$ $d_{17} = 0.8000$ $n_9 = 1.65258$ $v_9 = 31.23$
 $r_{18} = 8.6354$ $d_{18} = D_3$ (可変)
 $r_{19} = 28.6587$ (非球面) $d_{19} = 2.0585$ $n_{10} = 1.65425$ $v_{10} = 58.52$
 $r_{20} = 12074.8350$ $d_{20} = 0.8000$ $n_{11} = 1.63004$ $v_{11} = 35.70$
 $r_{21} = 23.7854$ $d_{21} = 0.1000$
 $r_{22} = 14.9214$ $d_{22} = 5.8256$ $n_{12} = 1.62032$ $v_{12} = 63.39$
 $r_{23} = -25.8534$ $d_{23} = 0.1000$
 $r_{24} = 16.5497$ $d_{24} = 1.8000$ $n_{13} = 1.63004$ $v_{13} = 35.70$
 $r_{25} = 11.4178$

非球面係数

(第10面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.73387 \times 10^{-4}$, $A_6 = 0.29033 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 0.67428 \times 10^{-8}$

(第11面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.53619 \times 10^{-4}$, $A_6 = 0.13503 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 0.80688 \times 10^{-8}$

(第13面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.22486 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.42657 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 0.48546 \times 10^{-9}$

(第19面) $P=1.0000$, $A_4 = -0.10085 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.22825 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.36735 \times 10^{-8}$

17

18

f	8.994	25.562	71.508
D ₁	1.5	19.1760	31.9687
D ₂	32.4969	14.8189	2.0017
D ₃	8.6539	5.2209	9.4008
D ₃ '	8.563	4.611	4.769
$f_2 / f_1 = -1.39$, $v_p / v_n = 1.64$, $f_e / f_1 = -7.56$			
$f_1 / f_1 = 6.36$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -5.45$			
$R_{e1} / D_{17} = 1.57$, $R_{e2} / D_{27} = 1.31$, $f_{17} / f_1 = 0.27$			
$D_{27} / f_1 = 1.05$, $f_2 / f_1 = -0.18$, $f_3 / f_4 = 1.39$			

【0078】実施例3

10

$f = 9.064 \sim 22.381 \sim 53.524$, $F/2.0$, $2\omega = 50.38^\circ \sim 20.02^\circ \sim 8.28^\circ$			
$r_1 = 57.5850$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.84281$	$v_1 = 21.00$
$r_2 = 38.3498$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$	$v_2 = 65.48$
$r_3 = -281.7420$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 32.2623$	$d_4 = 3.8008$	$n_3 = 1.49845$	$v_3 = 81.61$
$r_5 = 81.4762$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = -2087.8956$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$	$v_4 = 63.39$
$r_7 = 11.3242$	$d_7 = 4.4098$		
$r_8 = -18.7185$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$v_5 = 63.39$
$r_9 = 50.6768$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 26.2139$	$d_{10} = 2.4112$	$n_6 = 1.84281$	$v_6 = 21.00$
$r_{11} = 111.5478$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.0000$		
$r_{13} = 21.8683$ (非球面)	$d_{13} = 2.0000$	$n_7 = 1.64254$	$v_7 = 60.09$
$r_{14} = 55.1948$	$d_{14} = 0.1000$		
$r_{15} = 12.5060$	$d_{15} = 2.8104$	$n_8 = 1.64254$	$v_8 = 60.09$
$r_{16} = -175.4794$	$d_{16} = 0.9000$	$n_9 = 1.63004$	$v_9 = 35.70$
$r_{17} = 13.9236$	$d_{17} = D_3$ (可変)		
$r_{18} = 24.9577$ (非球面)	$d_{18} = 3.0000$	$n_{10} = 1.69979$	$v_{10} = 55.53$
$r_{19} = -18.4983$	$d_{19} = 0.8039$	$n_{11} = 1.67158$	$v_{11} = 33.04$
$r_{20} = 67.7348$	$d_{20} = 0.1000$		
$r_{21} = 17.8726$	$d_{21} = 2.2093$	$n_{12} = 1.65425$	$v_{12} = 58.52$
$r_{22} = -35.6769$	$d_{22} = 0.1000$		
$r_{23} = 21.0041$	$d_{23} = 1.6200$	$n_{13} = 1.63004$	$v_{13} = 35.70$
$r_{24} = 9.6502$			

非球面係数

(第13面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.29067 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.78629 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 0.34758 \times 10^{-9}$

(第18面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.10508 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.25859 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.26124 \times 10^{-8}$

f	9.064	22.381	53.524
D ₁	1.5	15.6062	26.2099
D ₂	26.6714	12.5812	2.0017
D ₃	8.3126	6.1842	9.0885
D ₃ '	8.221	5.710	6.427
$f_2 / f_1 = -1.37$, $v_p / v_n = 1.68$, $f_e / f_1 = -3.31$			
$f_1 / f_1 = 5.54$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -2.70$			
$R_{e1} / D_{17} = 1.62$, $R_{e2} / D_{27} = 0.85$, $f_{17} / f_1 = 0.32$			
$D_{27} / f_1 = 1.34$, $f_2 / f_1 = -0.23$, $f_3 / f_4 = 1.49$			

【0079】実施例4

50

19		20
$f = 9.021 \sim 22.133 \sim 53.503$, $F/2.0$, $2\omega = 51.62^\circ \sim 20.42^\circ \sim 8.32^\circ$		
$r_1 = 52.3846$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.84281$ $v_1 = 21.00$
$r_2 = 35.2212$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.60520$ $v_2 = 65.48$
$r_3 = -311.6776$	$d_3 = 0.1000$	
$r_4 = 29.6916$	$d_4 = 3.8008$	$n_3 = 1.43985$ $v_3 = 94.97$
$r_5 = 76.5519$	$d_5 = D_1$ (可変)	
$r_6 = 77.7855$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.62032$ $v_4 = 63.39$
$r_7 = 12.7997$	$d_7 = 3.8497$	
$r_8 = -39.1256$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$ $v_5 = 63.39$
$r_9 = 58.6801$	$d_9 = 0.2000$	
$r_{10} = 16.3054$	$d_{10} = 2.2005$	$n_6 = 1.84281$ $v_6 = 21.00$
$r_{11} = 45.4293$	$d_{11} = 1.4000$	
$r_{12} = -22.4548$	$d_{12} = 1.0092$	$n_7 = 1.62032$ $v_7 = 63.39$
$r_{13} = 30.1883$	$d_{13} = D_2$ (可変)	
$r_{14} = \infty$ (絞り)	$d_{14} = 1.0000$	
$r_{15} = 14.3177$ (非球面)	$d_{15} = 2.0000$	$n_8 = 1.62032$ $v_8 = 63.39$
$r_{16} = 180.6061$	$d_{16} = 0.1000$	
$r_{17} = 11.6767$	$d_{17} = 2.5656$	$n_9 = 1.64254$ $v_9 = 60.09$
$r_{18} = -53.0273$	$d_{18} = 0.9000$	$n_{10} = 1.63004$ $v_{10} = 35.70$
$r_{19} = 9.1445$	$d_{19} = D_3$ (可変)	
$r_{20} = 22.8697$ (非球面)	$d_{20} = 2.4398$	$n_{11} = 1.69979$ $v_{11} = 55.53$
$r_{21} = -39.9919$	$d_{21} = 0.8017$	$n_{12} = 1.67158$ $v_{12} = 33.04$
$r_{22} = 30.5000$	$d_{22} = 0.1000$	
$r_{23} = 13.4165$	$d_{23} = 3.0355$	$n_{13} = 1.65425$ $v_{13} = 58.52$
$r_{24} = -27.6806$	$d_{24} = 0.1000$	
$r_{25} = 17.8990$	$d_{25} = 1.5019$	$n_{14} = 1.63004$ $v_{14} = 35.70$
$r_{26} = 8.2800$		

非球面係数

(第15面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.43008 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.84119 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 0.36356 \times 10^{-9}$, $A_{10} = 0.10691 \times 10^{-10}$

(第20面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.13801 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.52879 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.12905 \times 10^{-8}$, $A_{10} = -0.10450 \times 10^{-10}$

f	9.021	22.133	53.503
D_1	1.5	13.9496	23.5866
D_2	24.1218	11.6573	2.0011
D_3	8.0314	5.4870	7.3615
D_3'	7.937	5.018	4.646

 $f_2 / f_1 = -1.37$, $v_p / v_n = 1.68$, $f_c / f_1 = -2.88$
 $f_1 / f_1 = 5.46$, $(R_{c2} + R_{c1}) / (R_{c2} - R_{c1}) = -2.72$
 $R_{c1} / D_{17} = 1.57$, $R_{c2} / D_{17} = 0.84$, $f_{17} / f_1 = 0.29$
 $D_{17} / f_1 = 1.01$, $f_2 / f_1 = -0.20$, $f_3 / f_1 = 1.22$

【0080】実施例5

$f = 9.0 \sim 25.585 \sim 71.379$, $F/2.8$, $2\omega = 50.56^\circ \sim 17.5^\circ \sim 6.2^\circ$		
$r_1 = 64.8796$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.81265$ $v_1 = 25.43$
$r_2 = 37.0499$	$d_2 = 5.3000$	$n_2 = 1.62032$ $v_2 = 63.39$
$r_3 = -300.9125$	$d_3 = 0.1000$	
$r_4 = 34.1165$	$d_4 = 3.8000$	$n_3 = 1.43985$ $v_3 = 94.97$
$r_5 = 114.5311$	$d_5 = D_1$ (可変)	
$r_6 = 183.0792$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.65425$ $v_4 = 58.52$
$r_7 = 15.2854$	$d_7 = 3.5200$	

(12)

特開平8-160299

21

22

$r_8 = -50.4779$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.64254$	$v_5 = 60.09$
$r_9 = 14.8228$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 15.3225$	$d_{10} = 2.2000$	$n_6 = 1.81265$	$v_6 = 25.43$
$r_{11} = 136.8865$	$d_{11} = 2.5000$		
$r_{12} = -21.5253$	$d_{12} = 1.0000$	$n_7 = 1.64254$	$v_7 = 60.09$
$r_{13} = -270.0894$	$d_{13} = D_2$ (可変)		
$r_{14} = \infty$ (絞り)	$d_{14} = 1.0000$		
$r_{15} = 14.5161$ (非球面)	$d_{15} = 1.8000$	$n_8 = 1.62032$	$v_8 = 63.39$
$r_{16} = 30.8071$	$d_{16} = 0.1000$		
$r_{17} = 10.7729$	$d_{17} = 2.1468$	$n_9 = 1.62032$	$v_9 = 63.39$
$r_{18} = -81.8844$	$d_{18} = 0.7390$		
$r_{19} = 127.6552$	$d_{19} = 0.8000$	$n_{10} = 1.67158$	$v_{10} = 33.04$
$r_{20} = 9.1210$	$d_{20} = D_3$ (可変)		
$r_{21} = 15.1686$ (非球面)	$d_{21} = 1.0000$	$n_{11} = 1.67766$	$v_{11} = 32.10$
$r_{22} = 10.3530$	$d_{22} = 3.7253$	$n_{12} = 1.62032$	$v_{12} = 63.39$
$r_{23} = -55.1143$	$d_{23} = 0.1000$		
$r_{24} = 10.2309$	$d_{24} = 1.6700$	$n_{13} = 1.63004$	$v_{13} = 35.70$
$r_{25} = 7.7800$			

非球面係数

(第15面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.73535 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.37092 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.15315 \times 10^{-8}$

(第21面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.66331 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.26794 \times 10^{-6}$
 $A_8 = -0.26836 \times 10^{-8}$

f	9.0	25.585	71.379
D_1	1.5	17.7038	30.1528
D_2	30.1516	13.9482	1.5
D_3	8.1486	4.3038	8.3022
D_3'	8.056	3.685	3.688
$f_2 / f_1 = -1.30$, $v_p / v_n = 1.97$, $f_e / f_1 = -7.78$			
$f_1 / f_1 = 6.07$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -7.35$			
$R_{e1} / D_{11} = 0.74$, $R_{e2} / D_{21} = 0.64$, $f_{11} / f_1 = 0.25$			
$D_{21} / f_1 = 1.36$, $f_2 / f_1 = -0.16$, $f_3 / f_4 = 1.19$			

【0081】実施例6

$f = 7.526 \sim 21.129 \sim 59.173$, $F / 2.0$, $2\omega = 59.6^\circ \sim 21.0^\circ \sim 7.5^\circ$

$r_1 = 63.9460$	$d_1 = 1.8000$	$n_1 = 1.81265$	$v_1 = 25.43$
$r_2 = 40.2088$	$d_2 = 6.2000$	$n_2 = 1.57098$	$v_2 = 71.30$
$r_3 = -379.9415$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 36.8445$	$d_4 = 4.5000$	$n_3 = 1.49845$	$v_3 = 81.61$
$r_5 = 100.7900$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = -114.4474$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.65425$	$v_4 = 58.52$
$r_7 = 9.7882$ (非球面)	$d_7 = 4.5000$		
$r_8 = -17.8771$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$v_5 = 63.39$
$r_9 = 685.7622$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 30.7715$	$d_{10} = 2.2008$	$n_6 = 1.81265$	$v_6 = 25.43$
$r_{11} = -186.6553$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.1000$		
$r_{13} = 14.6941$ (非球面)	$d_{13} = 4.1362$	$n_7 = 1.60520$	$v_7 = 65.48$
$r_{14} = -58.0487$	$d_{14} = 0.8000$	$n_8 = 1.64419$	$v_8 = 34.48$
$r_{15} = 45.1160$	$d_{15} = D_3$ (可変)		
$r_{16} = 32.1294$ (非球面)	$d_{16} = 2.6459$	$n_9 = 1.69979$	$v_9 = 55.53$

(13)

特開平8-160299

23

24

$\Gamma_{17} = 725.1398$

$d_{17} = 0.1000$

$\Gamma_{18} = 20.6521$

$d_{18} = 1.0000$

$n_{10} = 1.74706$

$v_{10} = 27.79$

$\Gamma_{19} = 10.5018$

$d_{19} = 4.4745$

$n_{11} = 1.62032$

$v_{11} = 63.39$

$\Gamma_{20} = -34.9547$

$d_{20} = 0.1000$

$\Gamma_{21} = 17.9454$

$d_{21} = 1.6976$

$n_{12} = 1.61686$

$v_{12} = 37.00$

$\Gamma_{22} = 9.4582$

非球面係数

$(\text{第7面}) P = 1.0000, A_4 = -0.37821 \times 10^{-4}, A_6 = -0.44922 \times 10^{-6}$

$A_8 = -0.38608 \times 10^{-8}$

$(\text{第13面}) P = 1.0000, A_4 = -0.29497 \times 10^{-4}, A_6 = -0.10035 \times 10^{-6}$

$A_8 = 0.25707 \times 10^{-9}$

$(\text{第16面}) P = 1.0000, A_4 = -0.70324 \times 10^{-4}, A_6 = -0.41355 \times 10^{-7}$

$A_8 = -0.47526 \times 10^{-9}$

$f \quad 7.526 \quad 21.129 \quad 59.173$

$D_1 \quad 2.0 \quad 21.0540 \quad 34.1201$

$D_2 \quad 35.6544 \quad 16.3279 \quad 2.0$

$D_3 \quad 9.2255 \quad 6.7230 \quad 9.5306$

$D_3' \quad 9.156 \quad 6.304 \quad 6.223$

$f_2 / f_1 = -1.75, v_p / v_n = 2.28, f_e / f_r = -4.66$

$f_1 / f_r = 7.92, (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -3.23$

$R_{e1} / D_{17} = 1.39, R_{e2} / D_{27} = 0.65, f_{R1} / f_1 = 0.31$

$D_{27} / f_r = 1.55, f_2 / f_1 = -0.22, f_3 / f_4 = 1.42$

【0082】実施例7

$f = 8.327 \sim 21.984 \sim 50.059, F/2.0, 2\omega = 54.26^\circ \sim 20.18^\circ \sim 8.72^\circ$

$\Gamma_1 = 59.1925 \quad d_1 = 1.6000 \quad n_1 = 1.81265 \quad v_1 = 25.43$

$\Gamma_2 = 37.8862 \quad d_2 = 7.0000 \quad n_2 = 1.57098 \quad v_2 = 71.30$

$\Gamma_3 = -1441.8160 \quad d_3 = 0.1000$

$\Gamma_4 = 38.1099 \quad d_4 = 4.5000 \quad n_3 = 1.49845 \quad v_3 = 81.61$

$\Gamma_5 = 140.0670 \quad d_5 = D_1 \text{ (可変)}$

$\Gamma_6 = -426.3286 \quad d_6 = 1.0000 \quad n_4 = 1.64254 \quad v_4 = 60.09$

$\Gamma_7 = 9.2092 \quad d_7 = 3.8274$

$\Gamma_8 = -15.7224 \quad d_8 = 1.0000 \quad n_5 = 1.62032 \quad v_5 = 63.39$

$\Gamma_9 = 40.3873 \quad d_9 = 0.2000$

$\Gamma_{10} = 21.3029 \quad d_{10} = 2.0000 \quad n_6 = 1.85501 \quad v_6 = 23.88$

$\Gamma_{11} = 90.9668 \quad d_{11} = D_2 \text{ (可変)}$

$\Gamma_{12} = \infty \text{ (絞り)} \quad d_{12} = 1.0000$

$\Gamma_{13} = 13.6889 \text{ (非球面)} \quad d_{13} = 3.4472 \quad n_7 = 1.65425 \quad v_7 = 58.52$

$\Gamma_{14} = -371.6239 \quad d_{14} = 0.8000 \quad n_8 = 1.64419 \quad v_8 = 34.48$

$\Gamma_{15} = 73.5434 \quad d_{15} = D_3 \text{ (可変)}$

$\Gamma_{16} = 44.1622 \text{ (非球面)} \quad d_{16} = 2.0157 \quad n_9 = 1.69979 \quad v_9 = 55.53$

$\Gamma_{17} = -243.1046 \quad d_{17} = 0.1000$

$\Gamma_{18} = 27.5247 \quad d_{18} = 1.0000 \quad n_{10} = 1.74706 \quad v_{10} = 27.79$

$\Gamma_{19} = 8.7623 \quad d_{19} = 4.8000 \quad n_{11} = 1.62032 \quad v_{11} = 63.39$

$\Gamma_{20} = -27.1700 \quad d_{20} = 0.1000$

$\Gamma_{21} = 62.5870 \quad d_{21} = 2.3096 \quad n_{12} = 1.65425 \quad v_{12} = 58.52$

$\Gamma_{22} = -59.4417 \quad d_{22} = 0.1000$

$\Gamma_{23} = 16.4740 \quad d_{23} = 1.4000 \quad n_{13} = 1.60718 \quad v_{13} = 38.01$

$\Gamma_{24} = 8.7940$

非球面係数

$(\text{第13面}) P = 1.0000, A_4 = -0.55462 \times 10^{-4}, A_6 = -0.17453 \times 10^{-6}$

$A_s = 0.41047 \times 10^{-9}$
 (第16面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.11006 \times 10^{-3}$, $A_6 = 0.17398 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 0.97601 \times 10^{-9}$

f	8.327	21.984	50.059
D ₁	2.0	21.1853	34.1279
D ₂	15.1519	6.2107	2.0
D ₃	6.3164	3.5983	5.9511
D ₃ '	6.233	3.146	3.509

$f_2 / f_v = -1.19$, $v_p / v_n = 2.28$, $f_e / f_v = -4.01$
 $f_1 / f_v = 7.02$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -3.29$
 $R_{e1} / D_{11} = 1.56$, $R_{e2} / D_{21} = 0.74$, $f_m / f_t = 0.28$
 $D_{21} / f_v = 1.22$, $f_2 / f_t = -0.20$, $f_3 / f_4 = 1.24$

【0083】実施例8

$f = 8.499 \sim 19.996 \sim 50.996$, $F / 2.0$, $2\omega = 52.7^\circ \sim 22.4^\circ \sim 8.7^\circ$

$r_1 = 65.6553$	$d_1 = 1.6000$	$n_1 = 1.81265$	$v_1 = 25.43$
$r_2 = 41.0700$	$d_2 = 7.0000$	$n_2 = 1.57098$	$v_2 = 71.30$
$r_3 = -1277.3716$	$d_3 = 0.1000$		
$r_4 = 36.5344$	$d_4 = 4.5000$	$n_3 = 1.49845$	$v_3 = 81.61$
$r_5 = 125.1930$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = -793.4739$	$d_6 = 1.0000$	$n_4 = 1.64254$	$v_4 = 60.09$
$r_7 = 10.4763$	$d_7 = 3.8020$		
$r_8 = -22.3664$	$d_8 = 1.0000$	$n_5 = 1.62032$	$v_5 = 63.39$
$r_9 = 42.0247$	$d_9 = 0.2000$		
$r_{10} = 21.8558$	$d_{10} = 2.0000$	$n_6 = 1.85501$	$v_6 = 23.88$
$r_{11} = 97.0316$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} = \infty$ (絞り)	$d_{12} = 1.0000$		
$r_{13} = 14.0128$ (非球面)	$d_{13} = 3.3405$	$n_7 = 1.65425$	$v_7 = 58.52$
$r_{14} = -44.3413$	$d_{14} = 0.8000$	$n_8 = 1.64419$	$v_8 = 34.48$
$r_{15} = 38.3026$	$d_{15} = D_3$ (可変)		
$r_{16} = 48.4359$ (非球面)	$d_{16} = 2.0000$	$n_9 = 1.69979$	$v_9 = 55.53$
$r_{17} = 48235.7467$	$d_{17} = 0.1000$		
$r_{18} = 23.3756$	$d_{18} = 1.0000$	$n_{10} = 1.74706$	$v_{10} = 27.79$
$r_{19} = 10.6871$	$d_{19} = 4.8000$	$n_{11} = 1.62032$	$v_{11} = 63.39$
$r_{20} = -24.8252$	$d_{20} = 0.1000$		
$r_{21} = 69.4731$	$d_{21} = 2.0524$	$n_{12} = 1.69979$	$v_{12} = 55.53$
$r_{22} = -66.3076$	$d_{22} = 0.1000$		
$r_{23} = 20.3020$	$d_{23} = 1.4000$	$n_{13} = 1.60718$	$v_{13} = 38.01$
$r_{24} = 8.6006$			

非球面係数

(第13面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.35835 \times 10^{-4}$, $A_6 = -0.12710 \times 10^{-6}$
 $A_8 = 0.79115 \times 10^{-9}$

(第16面) $P = 1.0000$, $A_4 = -0.12087 \times 10^{-3}$, $A_6 = -0.52495 \times 10^{-7}$
 $A_8 = -0.31805 \times 10^{-9}$

f	8.499	19.996	50.996
D ₁	2.0	11.7826	34.2599
D ₂	24.2970	6.0932	2.0
D ₃	8.0125	3.9138	6.7193
D ₃ '	7.926	3.526	4.241

$f_2 / f_v = -1.54$, $v_p / v_n = 2.28$, $f_e / f_v = -3.029$
 $f_1 / f_v = 7.13$, $(R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) = -2.47$

$$R_{e1}/D_{11}=2.06, R_{e2}/D_{21}=0.76, f_{11}/f_1=0.31$$

$$D_{21}/f_1=1.19, f_2/f_1=-0.26, f_3/f_4=1.48$$

ただし r_1, r_2, \dots はレンズ各面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの肉厚およびレンズ間隔、 n_1, n_2, \dots は各レンズのe線の屈折率、 v_1, v_2, \dots は各レンズのアッペ数である。

【0084】実施例1は、図1に示す構成で、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と負の屈折力を持ちズームの際に光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第2レンズ群G₂と、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第3レンズ群G₃と、正の屈折力を持ちズームの際に可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有する第4レンズ群G₄よりなる。尚図1は、上段より広角端、中間焦点距離、望遠端を示している。

【0085】又各レンズ群は、夫々次の通りのレンズ構成である。

【0086】第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとよりなり、軸上物点に対する光束を狭くする作用と軸外物点から出た光束を第2

【0087】第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、広角端から望遠端へのズームの際に物体側から像側に移動することにより変倍作用を有する。

【0088】第3レンズ群G₃は、物体側より順に正レンズと負レンズとからなり、ズームの際に固定であり、第2レンズ群G₂からの発散光束をほぼアフォーカルな光束にする作用を持っている。

【0089】第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正

【0090】また、実施例1のズームレンズは、第4レンズ群G₄の最も像側の負レンズでペッツバル和を良好に補正し、この負レンズよりも物体側の接合レンズにより第4レンズ群G₄で発生する色収差を良好に補正している。

【0091】この実施例1のズームレンズは、第3

【0092】一般に光学レンズとして利用できるガラスの組合わせでは、ペッツバル和と色収差の補正には限界がある。この実施例1は、以下のようなアッペ数の大きな二つのガラスを組合わせることにより色収差を良好に補正している。つまり負レンズが屈折率 $n=1.74$

0.77、アッペ数 $v=27.79$ 、正レンズが屈折率 $n=1.61800$ 、アッペ数 $v=63.38$ である。

【0093】更に実施例1は、最も像側の負レンズにより主としてこの第4レンズ群G₄のペッツバル和を良好に補正している。また、この負レンズが軸上光線高の低い最も像側に配置されており、凹面を像側に向けたメニスカス形状にしたことにより球面収差、コマ収差を悪化させずにペッツバル和を良好に補正している。

【0094】また、第4レンズ群と物体側に繰り出して至近距離物点へのフォーカシングを行なっている。

【0095】この実施例1の収差状況は、図9乃至図14に示す通りで、無限遠から至近距離物点まで高い光学性能を有することがわかる。

【0096】実施例2は、図2に示す構成で、物体側より順に、ズームの際に固定で正の屈折力を持つ第1レンズ群G₁と、負の屈折力を持ちズームの際に可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有している第4レンズ群よりなっている。

【0097】そして、第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正

【0098】実施例2は、レンズ系の全長が実施例1に比べて更に1割程度短くなっているが、本発明の各条件を満足することにより高い光学性能を有している。この実施例2は、第3レンズ群G₃の最も物体側のレンズの物体側の面を、光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いて、この第3レンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。また、第4レンズ群G₄の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いて、このレンズ群G₄で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0099】また、高い結像性能を維持したままレンズ系の全長を短くするためには、最も像側のレンズの像側の面から像面までの距離 D_{21} を適当な値にすることが望ましく、この実施例2は次の条件(19)を満足するようにしている。

【0100】(19) $0.9 < D_{21}/f_1 < 2.3$
条件(19)の下限の0.9を越えると、像面より物体側にローパスフィルター等を配置することが困難にな

る。又上限の 2.3 を越えると第 2 レンズ群以降のレンズ群 (第 3 レンズ群、第 4 レンズ群) のレンズ長が長くなる。

【0101】この実施例 2 の収差状況は、図 15 乃至図 18 に示す通りで高い光学性能を有している。

【0102】実施例 3 は、図 3 に示す通りの構成で、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G_1 と、負の屈折力を持ちズームングに際して光軸上を前後に移動することにより変倍作用を行なう第 2 レンズ群 G_2 と、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G_3 と、正の屈折力を持ちズームングに際して可動で変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持つ第 4 レンズ群 G_4 とよりなる。

【0103】第 1 レンズ群 G_1 は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第 3 レンズ群 G_3 は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第 4 レンズ群 G_4 は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとよりなり、これらレンズ群の作用は実施例 1 とほぼ同じである。

【0104】又、第 3 レンズ群の最も物体側のレンズの物体側の面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなる非球面で、この第 3 レンズ群 G_3 で発生する負の球面収差を良好に補正している。また第 4 レンズ群 G_4 の最も物体側のレンズの物体側の面が光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなって行く非球面で、これによりこの第 4 レンズ群 G_4 で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0105】この第 3 の実施例のように、第 2 レンズ群 G_2 の像側を正の屈折力の第 3 レンズ群 G_3 と正の屈折力の第 4 レンズ群にて構成する場合、これらレンズ群の屈折力を下記条件 (20) を満足することが好ましい。

【0106】(20) $1 < f_3 / f_4 < 2$

ただし、 f_3 、 f_4 は夫々第 3 レンズ群 G_3 および第 4 レンズ群 G_4 の焦点距離である。

【0107】この条件 (20) を満足すれば、これら第 3、第 4 レンズ群で発生する諸収差を良好に補正したままこれらレンズ群全体のレンズ全長を短くできる。条件 (20) の下限の 1.1 を越えると第 3 レンズ群 G_3 に対して第 4 レンズ群 G_4 の屈折力が強くなりこのレンズ群で発生する軸上色収差およびベッツパールの和が大になり好ましくない。又上限の 2 を越えると第 3 レンズ群 G_3 の屈折力が強くなりこのレンズ群で発生する球面収差が大になり好ましくない。

【0108】この実施例 3 の収差状況は、図 21 乃至図 26 に示す通りで、高い光学性能を有している。

【0109】実施例 4 は、図 4 に示すレンズ構成で、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G_1 と、負の屈折力を持ちズームングに際して光軸上を移動し

て変倍作用を行なう第 2 レンズ群 G_2 と、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G_3 と、正の屈折力を持ちズームングに際して可動であり変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持つ第 4 レンズ群とからなる。

【0110】そして第 1 レンズ群 G_1 は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなり、第 3 レンズ群 G_3 は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第 4 レンズ群 G_4 は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなる。これら各レンズ群の作用は実施例 1 と同様である。

【0111】又、第 3 レンズ群 G_3 の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺へ行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面にし、このレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。又第 4 レンズ群 G_4 の最も物体側のレンズの物体側の面を光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような非球面を用いてこのレンズ群で発生する負の球面収差を良好に補正している。

【0112】この実施例 4 は、実施例 3 と比較して第 2 レンズ群 G_2 の屈折力を強くしてズームングの際のこのレンズ群 G_2 の移動量を少なくしてレンズ全長を短くしている。第 2 レンズ群 G_2 の構成は、このレンズ群 G_2 で発生する諸収差、特に軸上色収差を良好に補正するために物体側より順に負レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズの 4 枚構成にした。

【0113】実施例 4 の収差状況は、図 27 乃至図 32 に示す通りであって、高い光学性能を有している。

【0114】実施例 5 は、図 5 に示す構成で、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G_1 と、負の屈折力を持ちズームングに際して光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第 2 レンズ群 G_2 と、ズームングの際固定で正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G_3 と、正の屈折力を持ちズームングに際して可動で変倍にともなう像面のずれを補正する作用を持つ第 4 レンズ群 G_4 とよりなっている。

【0115】又第 1 レンズ群 G_1 は、物体側より順に負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなり、第 3 レンズ群 G_3 は、物体側より順に、正レンズと正レンズと負レンズとからなり、第 4 レンズ群 G_4 は、物体側より順に、負レンズと正レンズと負レンズとよりなり、これら各レンズ群の作用は実施例 1 と同様である。

【0116】この実施例 5 の収差状況は、図 33 乃至図 38 に示す通りである。

【0117】実施例 6 は、図 6 に示す構成であって、ズームングの際固定である正の屈折力を持つ第 1 レンズ群

G₁ と、負の屈折力を持ちズームに際して光軸上を前後に移動して主として変倍作用を有する第2レンズ群 G₂ と、正の屈折力を持ちズームに際して光軸上を前後に移動して主として第2レンズ群とともに変倍作用を行なう第3レンズ群 G₃ と、正の屈折力を持ちズームに際して可動で主として変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有する第4レンズ群 G₄ とからなっている。

【0118】又、第1レンズ群 G₁ は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群 G₂ は物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとよりなり、第3レンズ群 G₃ は、物体側より順に、正レンズと負レンズとからなり、第4レンズ群 G₄ は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと負レンズとからなっている。

【0119】この実施例6は、変倍作用を第2レンズ群 G₂ と第3レンズ群 G₃ とに分割して持たせて第2レンズ群 G₂ の屈折力を弱くしてこのレンズ群で発生する収差を小にし、ズームにともなう収差変動を小さくしている。

【0120】またこの実施例6は、第2レンズ群 G₂ の最も物体側の負レンズの像側の面を光軸から周辺に行くにしたがって負の屈折力が弱くなるような形状の非球面とすることにより特に広角側で発生する負の歪曲収差を補正している。また第3レンズ群 G₃ の最も物体側のレンズの物体側の面と第4レンズ群 G₄ の最も物体側のレンズの物体側の面をいずれも光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面とすることにより、主としてこれらレンズ群で発生する球面収差を良好に補正している。

【0121】この実施例6の収差状況は、図39乃至図44に示す通りで、高い光学性能を有している。

【0122】実施例7は、図7に示す構成で、正の屈折力を持ちズームに際して光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第1レンズ群 G₁ と、負の屈折力を持ちズームの際に光軸上を前後に移動して第1レンズ群 G₁ と共に変倍作用を行なう第2レンズ群 G₂ と、正の屈折力を持ちズームの際固定の第3レンズ群 G₃ と、正の屈折力を持ちズームの際可動で主として変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持つ第4

【0123】又、第1レンズ群 G₁ は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群 G₂ は、物体側より順に、負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群 G₃ は、物体側より順に、正レンズと負レンズとよりなり、第4レンズ群 G₄ は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと正レンズと負レンズとよりなっている。

【0124】この実施例7は、変倍作用を第1レンズ群 G₁ と第2レンズ群 G₂ とに分割して持たせることによ

り各レンズ群の屈折力を弱くし、これらレンズ群で発生する収差を少なくしズームに伴う収差変動を少なくしている。

【0125】この実施例7は、第3レンズ群 G₃ の最も物体側のレンズの物体側の面と第4レンズ群 G₄ の最も物体側のレンズの物体側の面をいずれも光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面とし、主としてこれらレンズ群で発生する球面収差を良好に補正するようにしている。

【0126】この実施例7の収差状況は、図45乃至図50に示す通りである。

【0127】実施例8は、図8に示す通りの構成であって、正の屈折力を持ちズームに際し可動である第1レンズ群と、負の屈折力を持ちズームに際して光軸上を前後に移動して変倍作用を行なう第2レンズ群 G₂ と、正の屈折力を持ちズームの際に可動である第3レンズ群 G₃ と、正の屈折力を持ちズームの際に可動であり主として変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を有している第4レンズ群 G₄ とよりなっている。

【0128】又、第1レンズ群 G₁ は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群 G₂ は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群 G₃ は、物体側より順に、正レンズと負レンズとよりなり、第4レンズ群は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと正レンズと負レンズとからなっている。

【0129】又、第3レンズ群 G₃ の最も物体側のレンズの物体側の面と第4レンズ群 G₄ の最も物体側のレンズの物体側の面を、いずれも光軸から周辺に行くにしたがって正の屈折力が弱くなるような形状の非球面にし、主としてこれらレンズ群にて発生する球面収差を良好に補正している。

【0130】この実施例8の収差状況は、図51乃至図52に示す通りである。

【0131】尚、各実施例のデーター中可変間隔 D₁ は、物体距離 1000mm にフォーカシングした時の D₁ の値である。

【0132】以上述べた本発明は、特許請求の範囲に記載したズームレンズの他に、下記の各項に記載した構成のズームレンズも含まれる。

【0133】(1) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3, 4 又は 5 に記載されたズームレンズであって、下記の条件 (8) を満足するレンズ系。

$$(8) \quad 0.2 < f_{rw} / f_r < 0.5$$

(2) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3, 4 又は 5 あるいは前記 (1) の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件 (9) を満足するレンズ系。

$$(9) \quad 0.5 < D_{2w} / f_w < 3.2$$

(3) 特許請求の範囲の請求項 1, 2, 3, 4 又は 5、

あるいは前記(1)又は(2)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(10)を満足するレンズ系。

$$(10) \quad -0.3 < f_z / f_T < -0.1$$

(4) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)又は(3)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(11)を満足するレンズ系。

$$(11) \quad -1.1 < f_z / f_w < -2.5$$

(5) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)又は(4)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(12)を満足するレンズ系。

$$(12) \quad 5 < f_z / f_w < 8.2$$

(6) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)又は

(5)に記載されたズームレンズであって、下記の条件(13)を満足するレンズ系。

$$(13) \quad -1.8 < f_z / f_w < -1.1$$

(7) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、(5)又は(6)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(14)を満足するレンズ系。

$$(14) \quad -8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -2$$

(8) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5、あるいは前記(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)又は(7)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(15)を満足するレンズ系。

$$(15) \quad 0.24 < f_{rw} / f_T < 0.35$$

(9) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)、(7)又は(8)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(16)を満足するレンズ系。

$$(16) \quad -0.25 < f_z / f_T < -0.16$$

(10) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)、(7)、(8)又は(9)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(17)を満足するレンズ系。

$$(17) \quad 0.7 < R_{e1} / D_{1T} < 2.3$$

(11) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)、(7)、(8)、(9)又は(10)の項に記載されているズームレンズであって、下記の条件(18)を満足するレンズ系。

$$(18) \quad 0.5 < R_{e2} / D_{2T} < 1.4$$

(12) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)又は(11)の項に記載されたズームレンズであって、下記の条件(19)を満足するレンズ系。

$$(19) \quad 0.9 < D_{2w} / f_w < 2.3$$

(13) 特許請求の範囲の請求項1, 2, 3, 4又は5あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、

(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、

(11)又は(12)の項に記載されたズームレンズであって、前記第2レンズ群より像側に配置されている複数のレンズ群が正の屈折力の第3レンズ群と正の屈折力の第4レンズ群よりなり、下記条件(20)を満足するレンズ系。

$$(20) \quad 1.1 < f_3 / f_4 < 2$$

【0134】

【発明の効果】本発明によれば、ビデオカメラやスチルビデオカメラ等に適した小型で高い光学性能を有するズームレンズを実現出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のズームレンズの実施例1の断面図

【図2】本発明のズームレンズの実施例2の断面図

【図3】本発明のズームレンズの実施例3の断面図

【図4】本発明のズームレンズの実施例4の断面図

【図5】本発明のズームレンズの実施例5の断面図

【図6】本発明のズームレンズの実施例6の断面図

【図7】本発明のズームレンズの実施例7の断面図

【図8】本発明のズームレンズの実施例8の断面図

【図9】本発明の実施例1の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図10】本発明の実施例1の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図11】本発明の実施例1の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図12】本発明の実施例1の無限遠物点1000mmにおける広角端での収差曲線図

【図13】本発明の実施例1の無限遠物点1000mmにおける中間焦点距離での収差曲線図

【図14】本発明の実施例1の無限遠物点1000mmにおける望遠端での収差曲線図

【図15】本発明の実施例2の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図16】本発明の実施例2の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図17】本発明の実施例2の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図18】本発明の実施例2の無限遠物点1000mmにおける広角端での収差曲線図

【図19】本発明の実施例2の無限遠物点1000mmにおける中間焦点距離での収差曲線図

【図20】本発明の実施例2の無限遠物点1000mmにおける望遠端での収差曲線図

【図 2 1】本発明の実施例 3 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 2 2】本発明の実施例 3 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 2 3】本発明の実施例 3 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 2 4】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

【図 2 5】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 2 6】本発明の実施例 3 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

【図 2 7】本発明の実施例 4 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 2 8】本発明の実施例 4 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 2 9】本発明の実施例 4 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 3 0】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

【図 3 1】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 3 2】本発明の実施例 4 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

【図 3 3】本発明の実施例 5 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 3 4】本発明の実施例 5 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

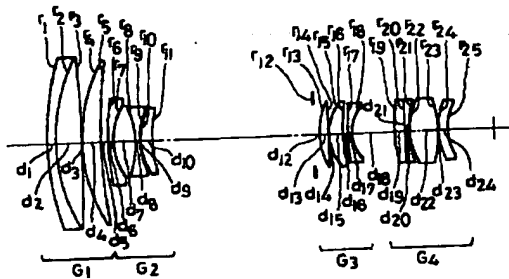
【図 3 5】本発明の実施例 5 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 3 6】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

【図 3 7】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 3 8】本発明の実施例 5 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

【図 2】



* 【図 3 9】本発明の実施例 6 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 4 0】本発明の実施例 6 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 4 1】本発明の実施例 6 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 4 2】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

10 【図 4 3】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 4 4】本発明の実施例 6 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

【図 4 5】本発明の実施例 7 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 4 6】本発明の実施例 7 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

【図 4 7】本発明の実施例 7 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

20 【図 4 8】本発明の実施例 7 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

【図 4 9】本発明の実施例 7 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 5 0】本発明の実施例 7 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

【図 5 1】本発明の実施例 8 の無限遠物点における広角端での収差曲線図

【図 5 2】本発明の実施例 8 の無限遠物点における中間焦点距離での収差曲線図

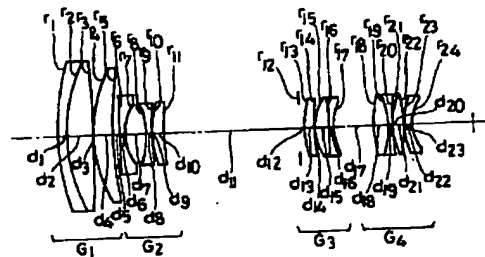
30 【図 5 3】本発明の実施例 8 の無限遠物点における望遠端での収差曲線図

【図 5 4】本発明の実施例 8 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における広角端での収差曲線図

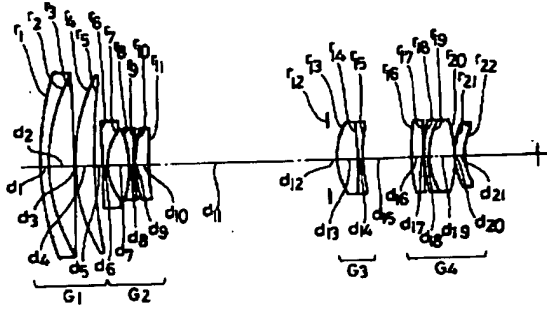
【図 5 5】本発明の実施例 8 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における中間焦点距離での収差曲線図

【図 5 6】本発明の実施例 8 の無限遠物点 1 0 0 0 mm における望遠端での収差曲線図

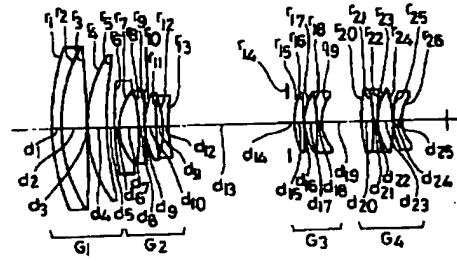
【図 3】



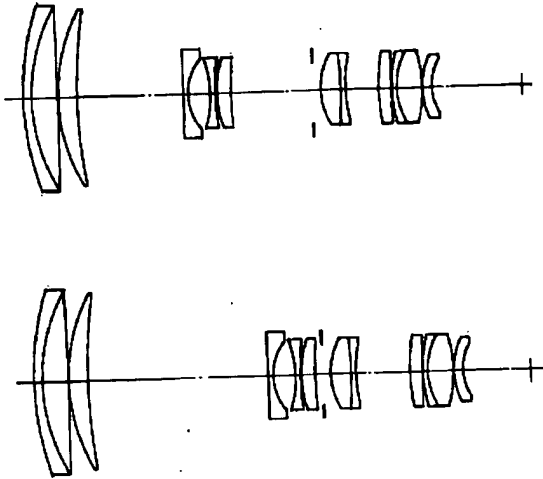
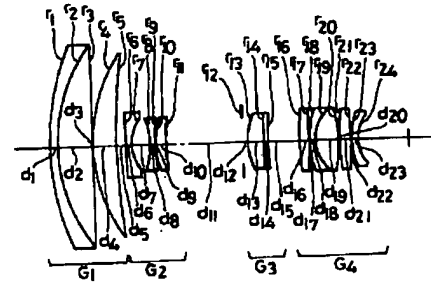
【図 1】



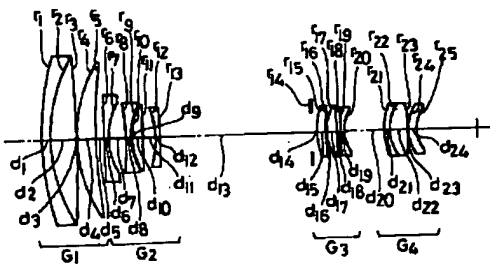
【図 4】



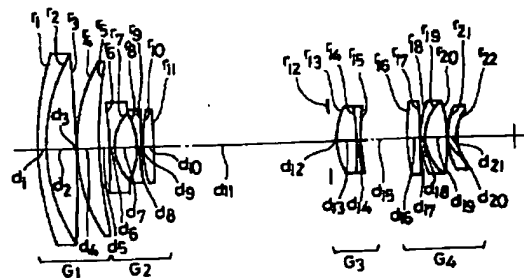
【図 7】



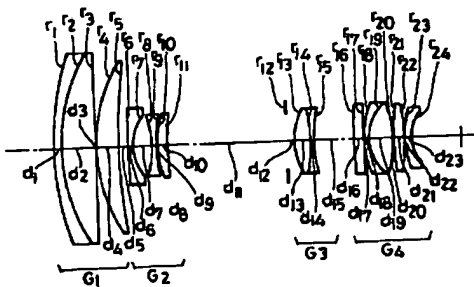
【図 5】



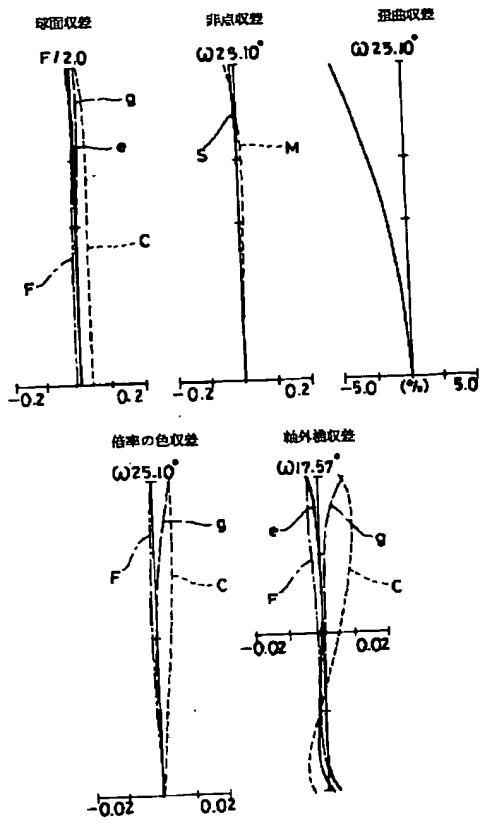
【図 6】



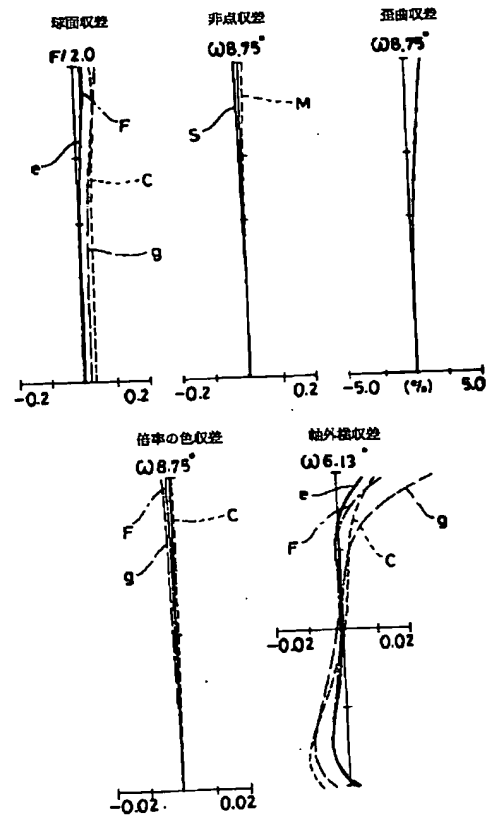
【図 8】



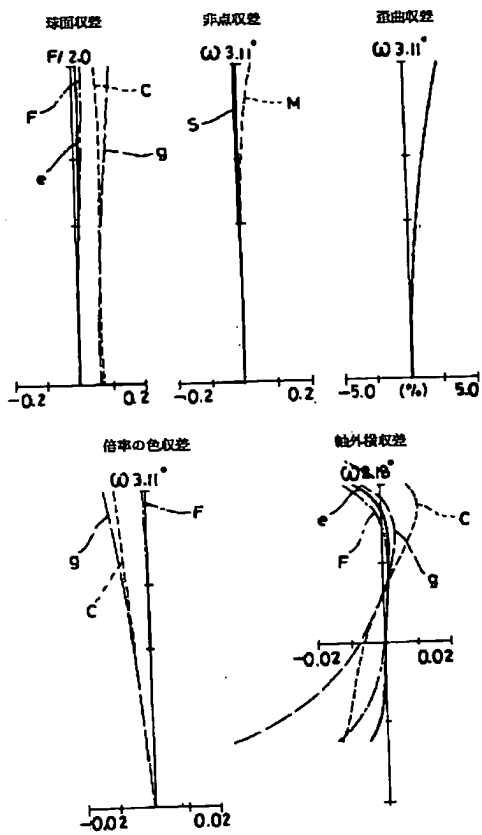
【図9】



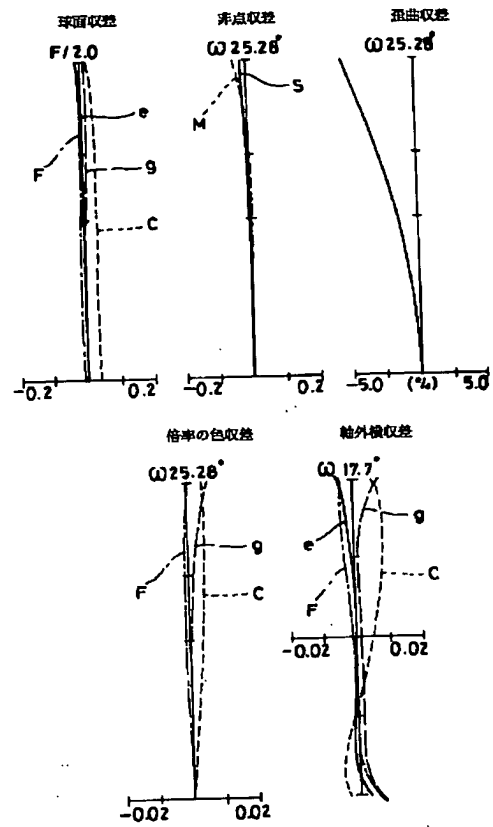
【図10】



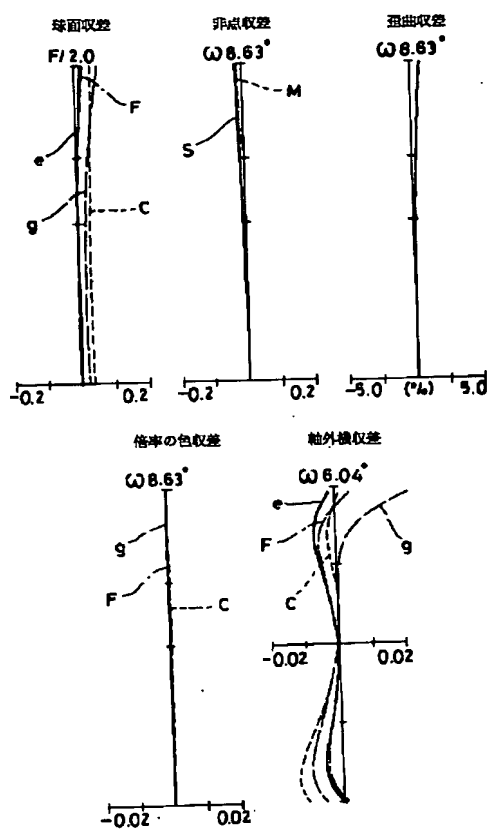
【図 11】



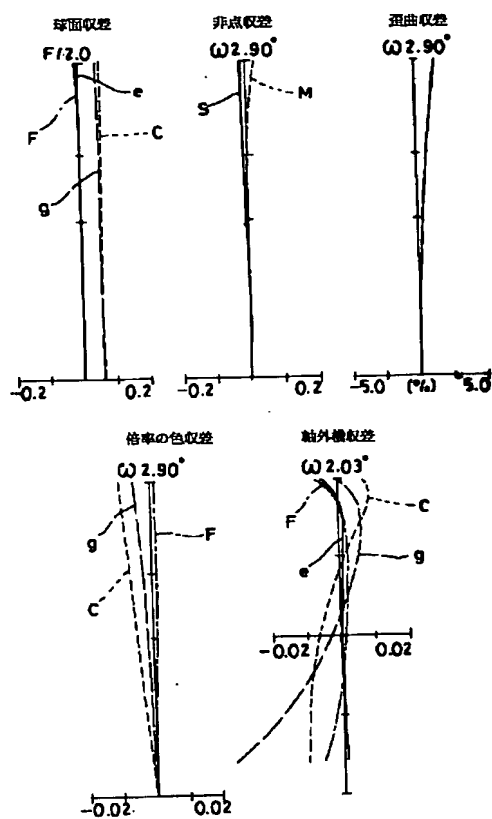
【図 12】



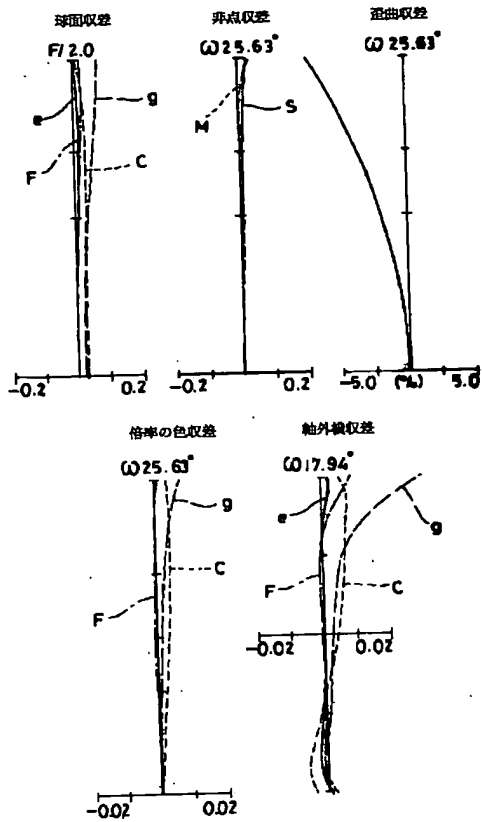
【図13】



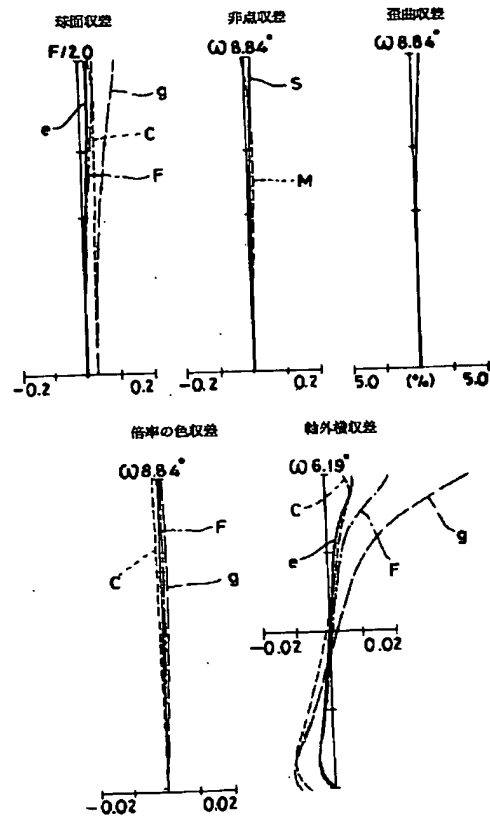
【図14】



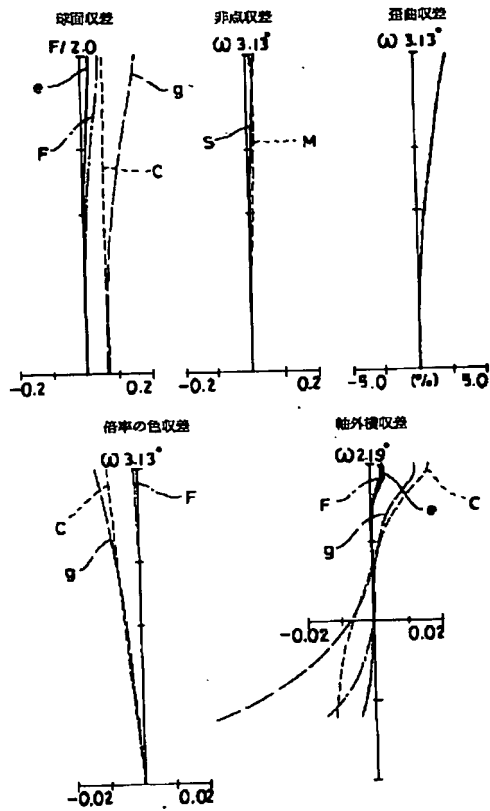
【図15】



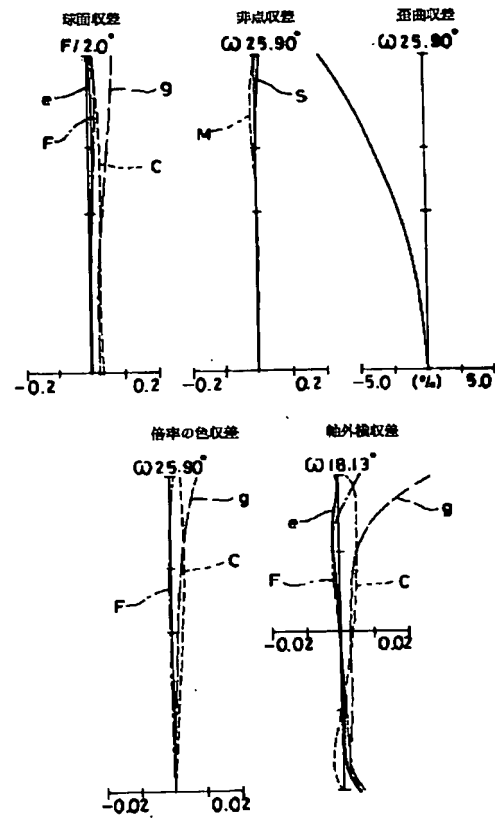
【図16】



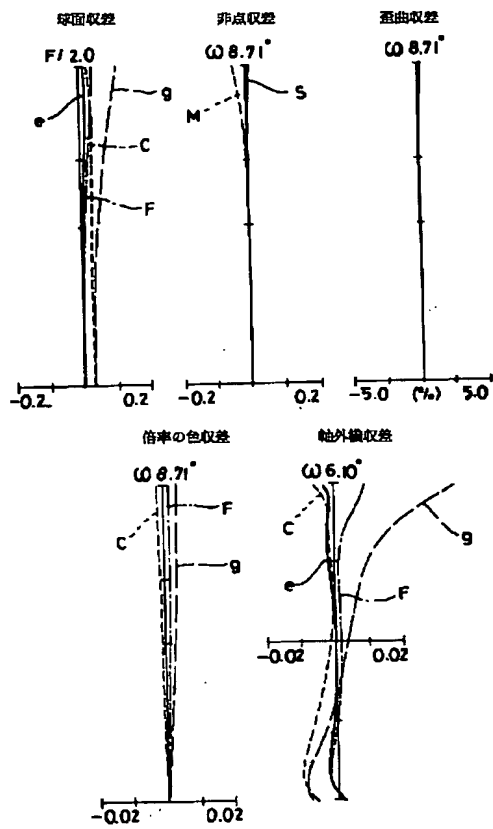
【図17】



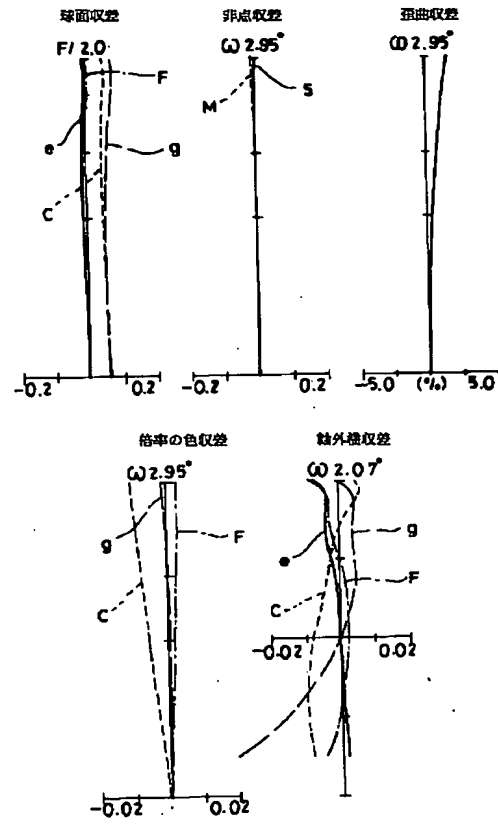
【図18】



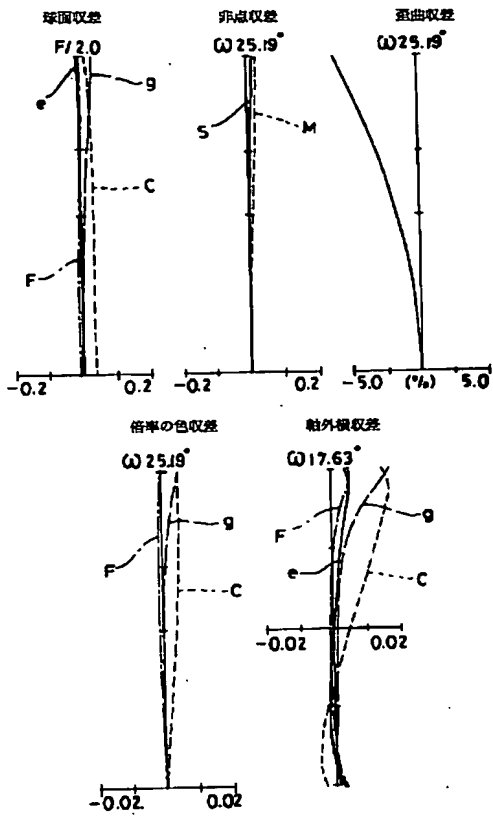
【図19】



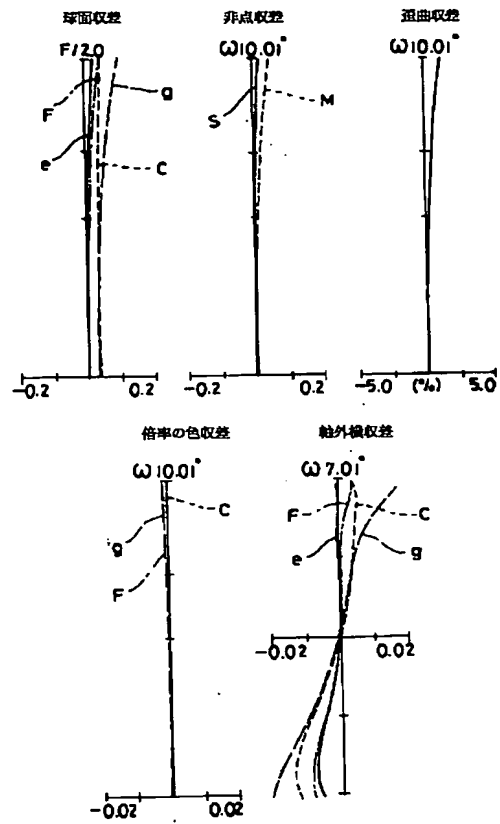
【図20】



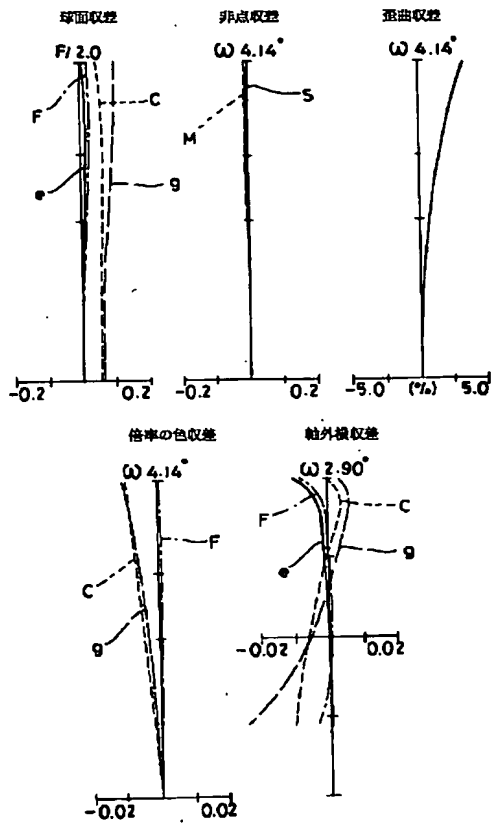
【図21】



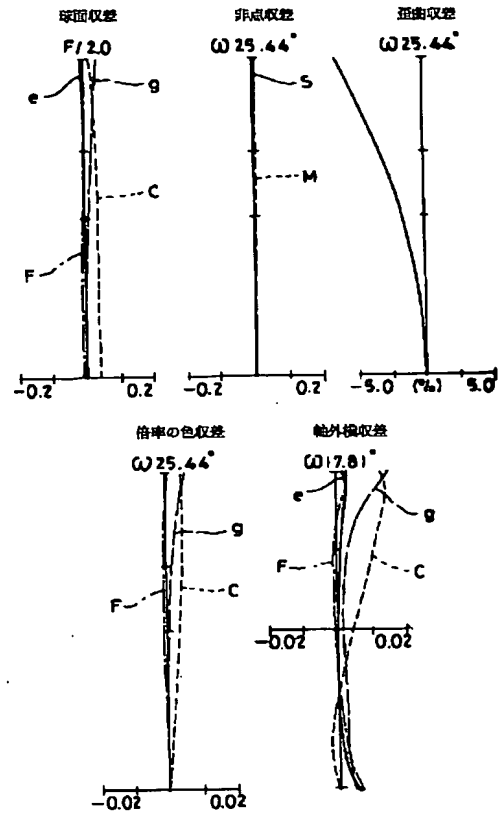
【図22】



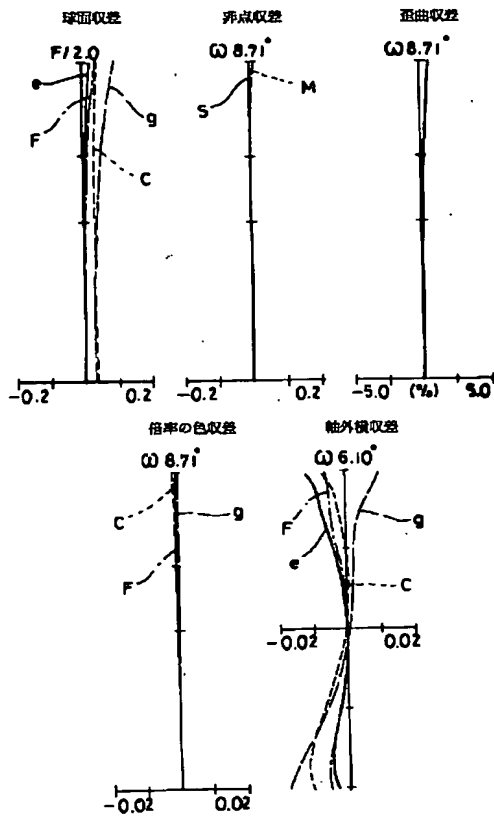
【図23】



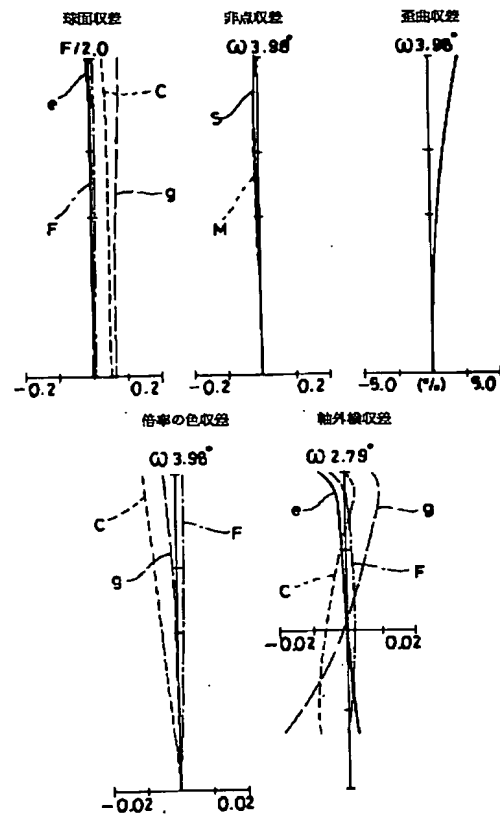
【図24】



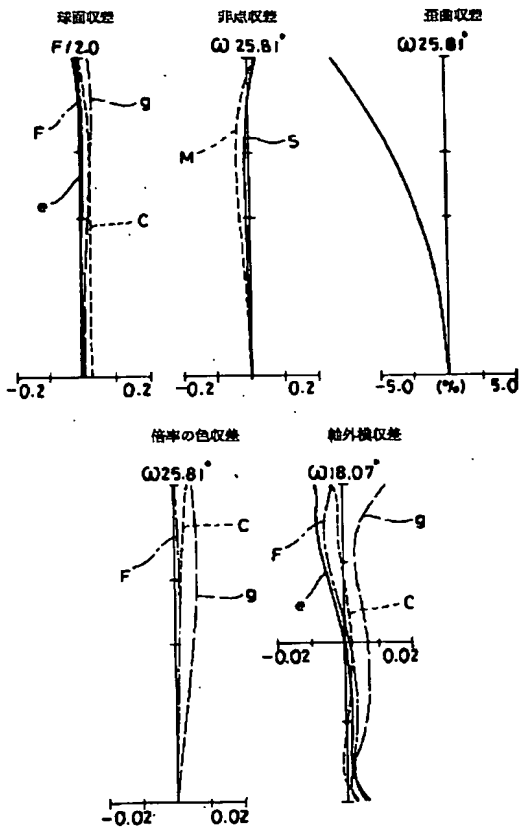
【図25】



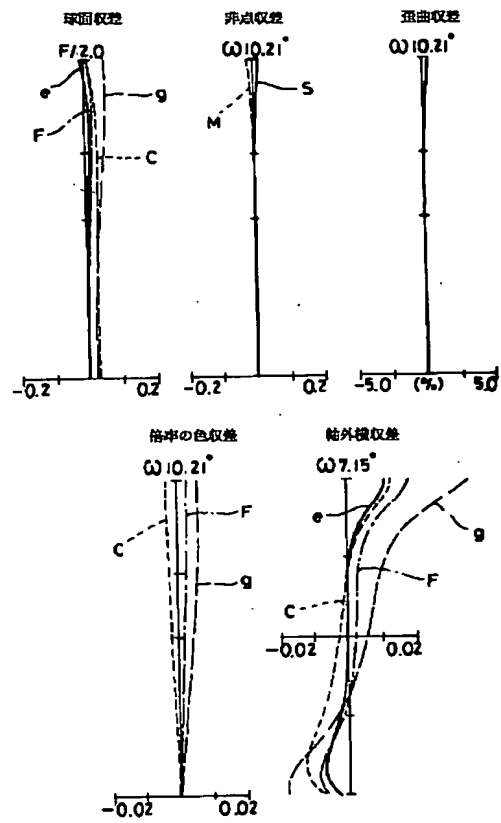
【図26】



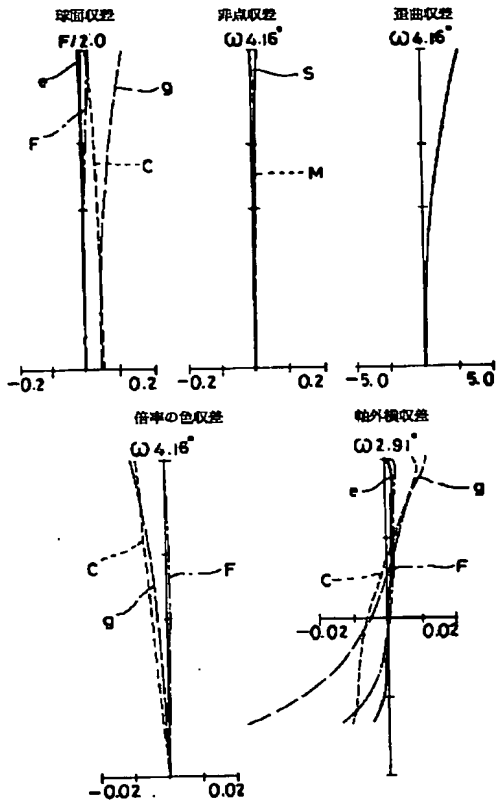
【図27】



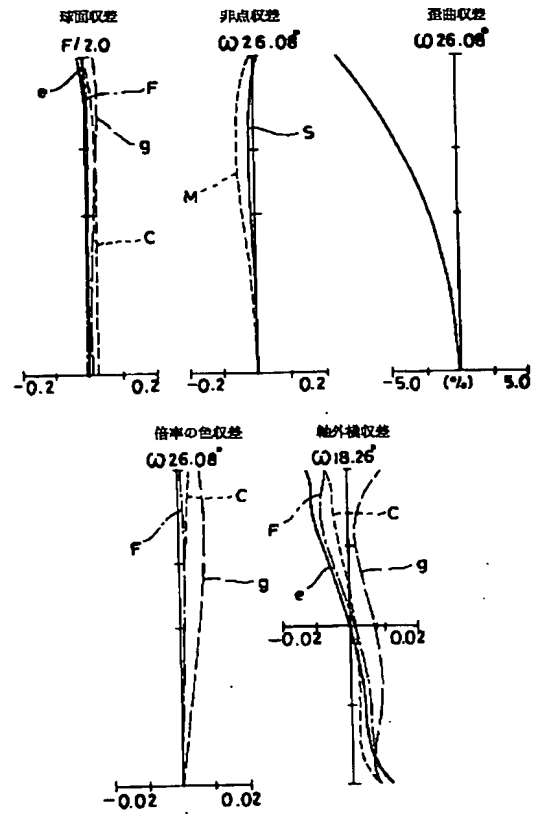
【図28】



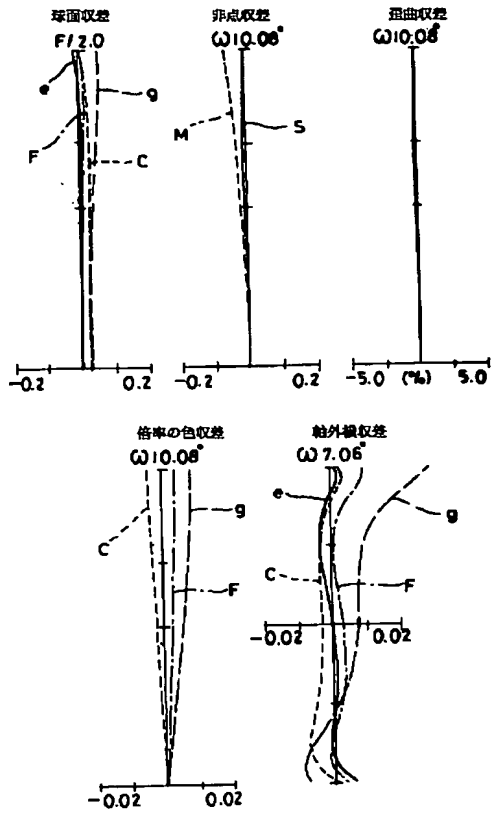
【図29】



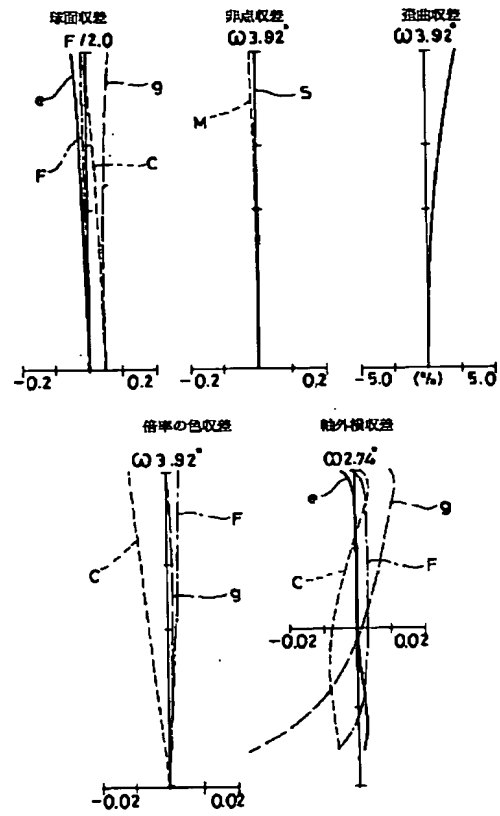
【図30】



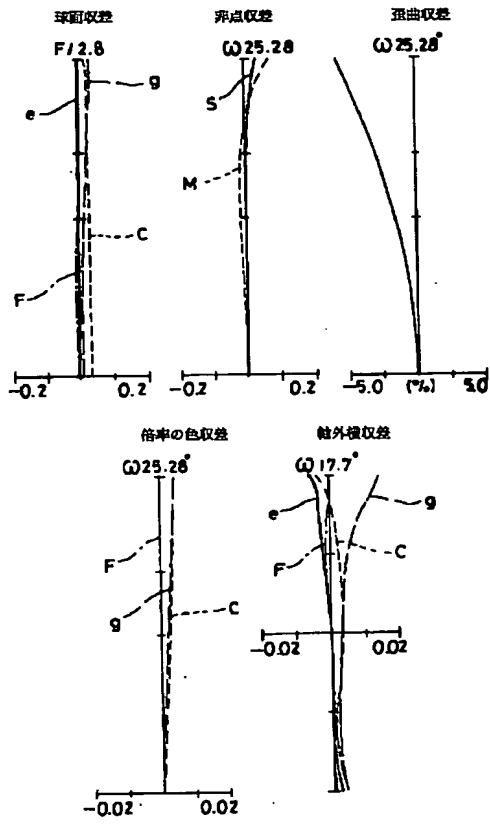
【図31】



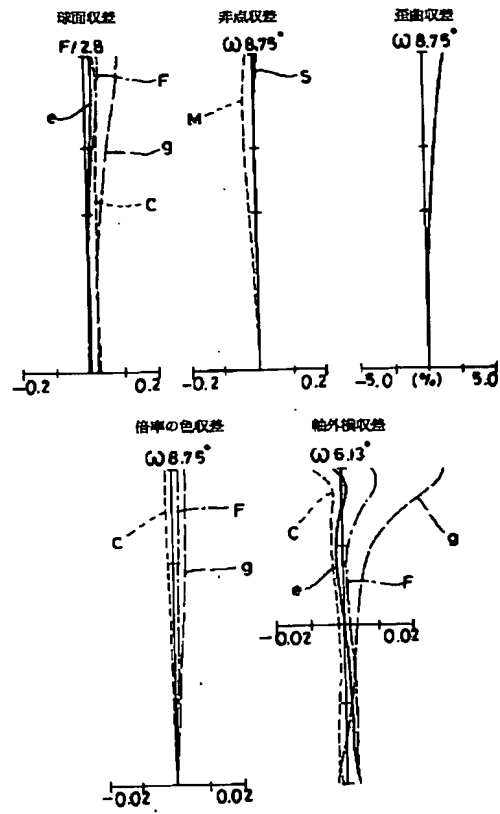
【図32】



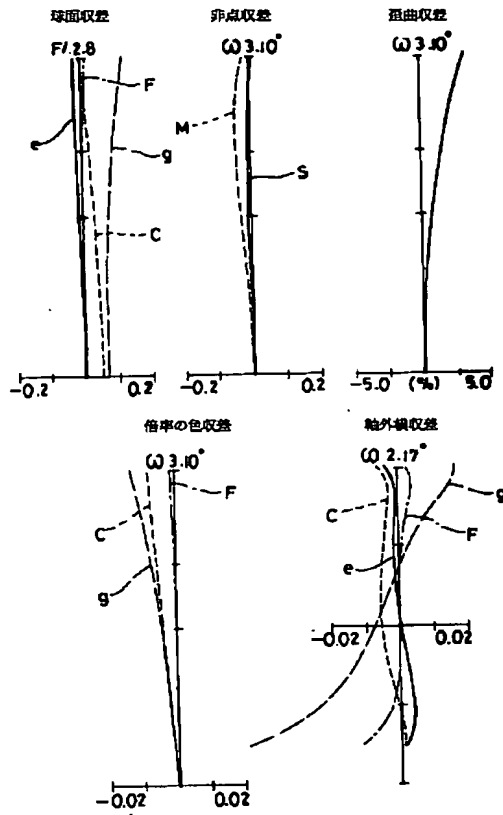
【図33】



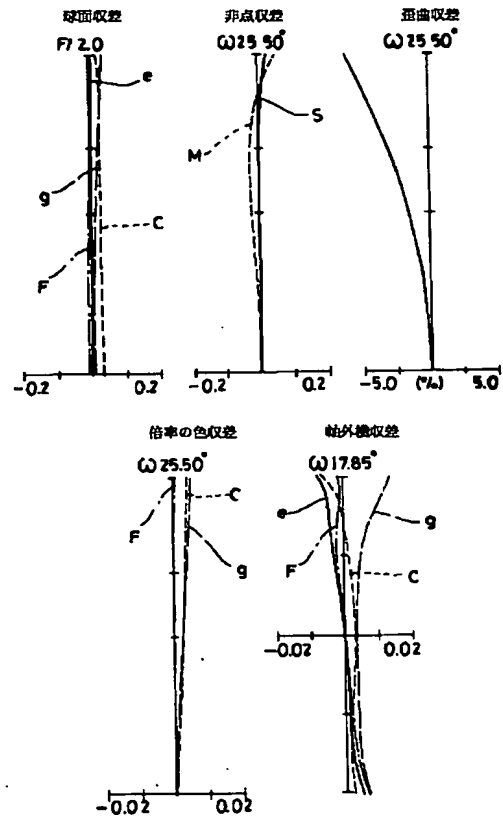
【図34】



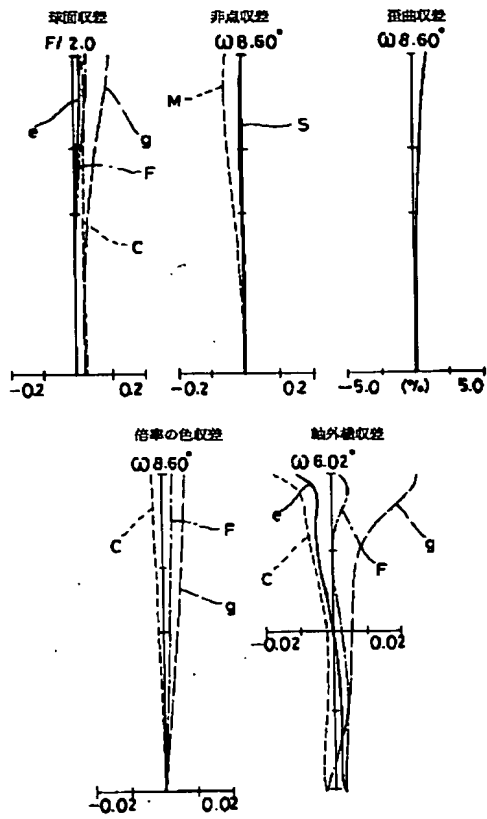
【図35】



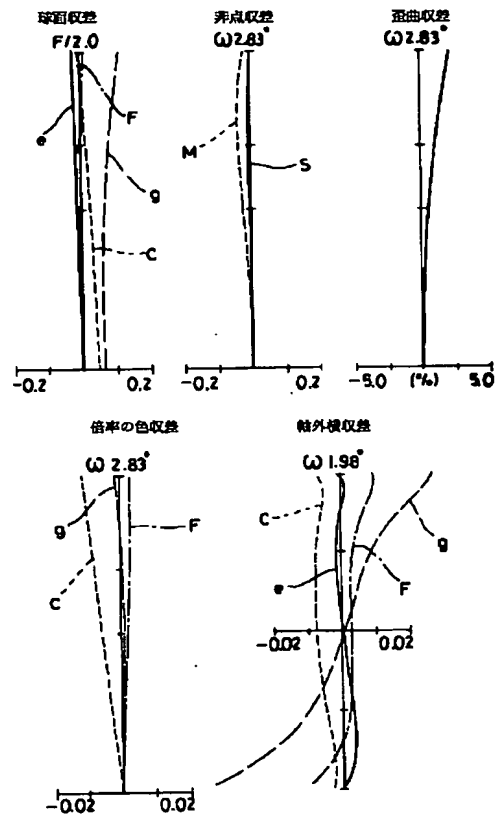
【図36】



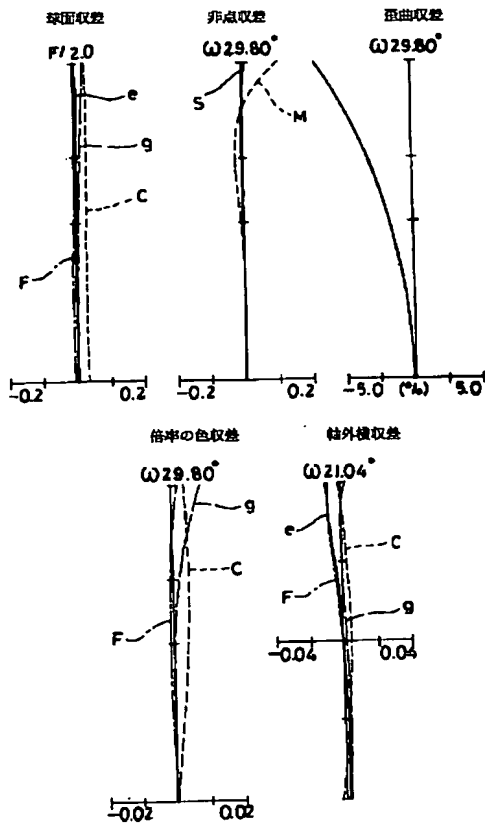
【図37】



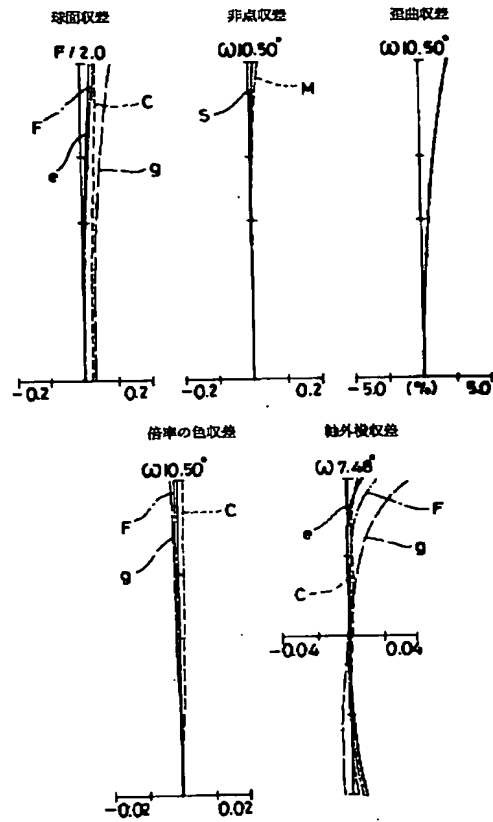
【図38】



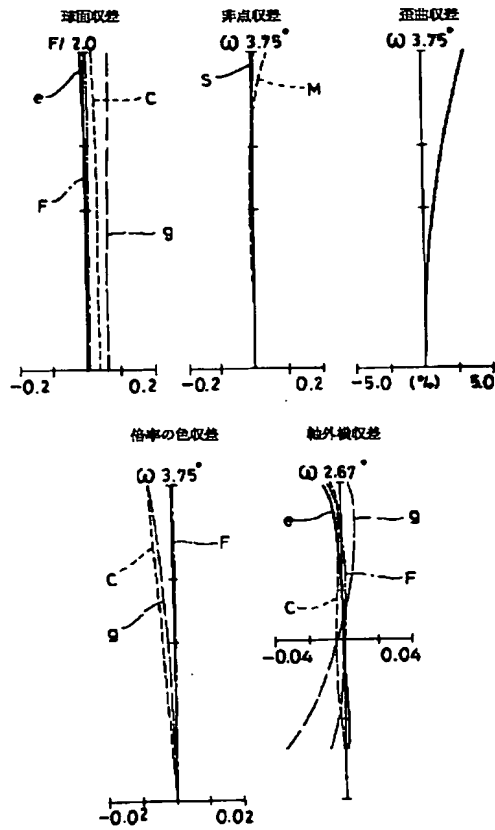
【図 39】



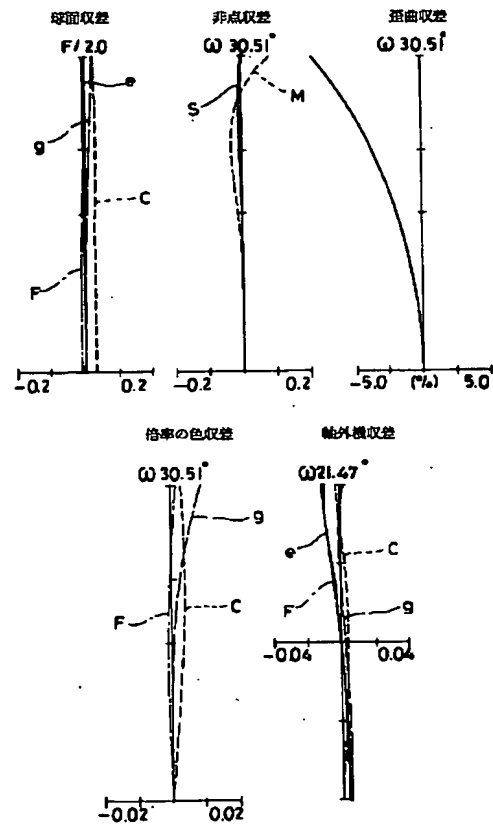
【図 40】



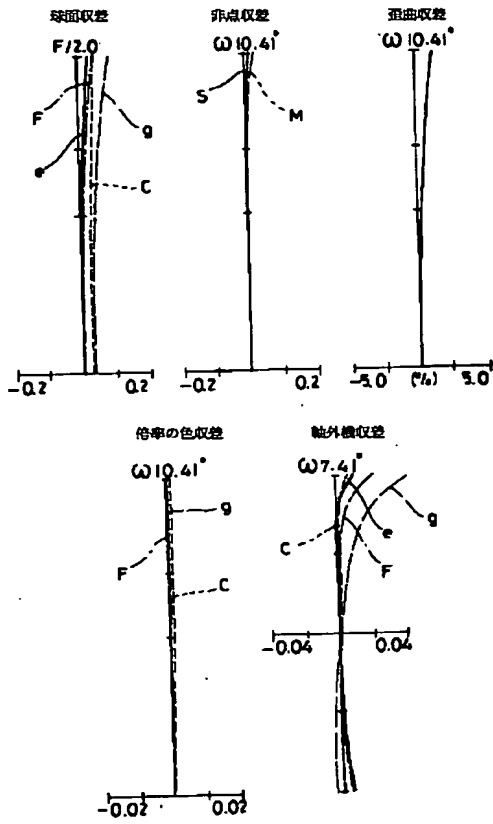
【図41】



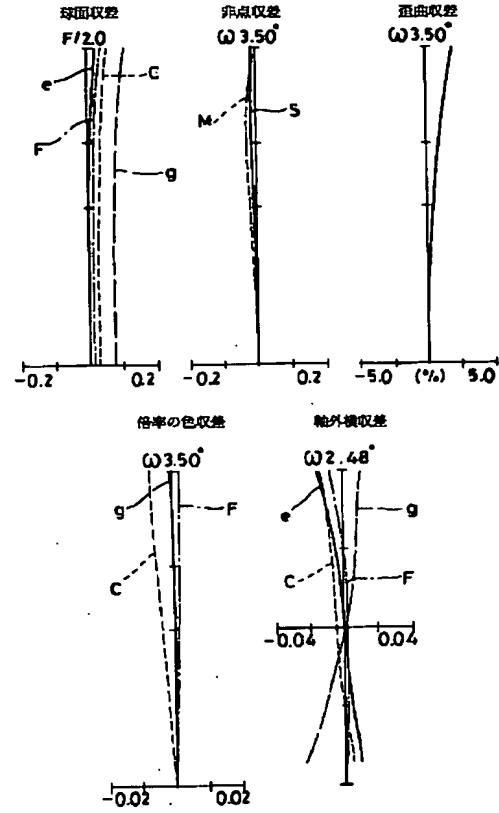
【図42】



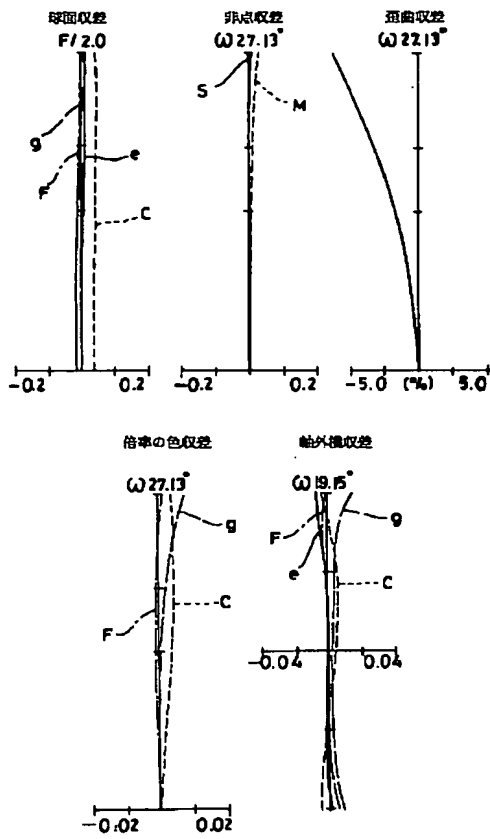
【図43】



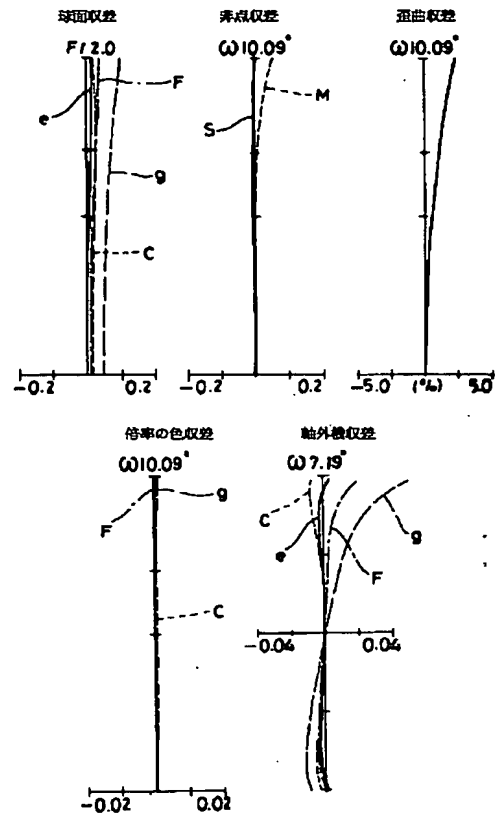
【図44】



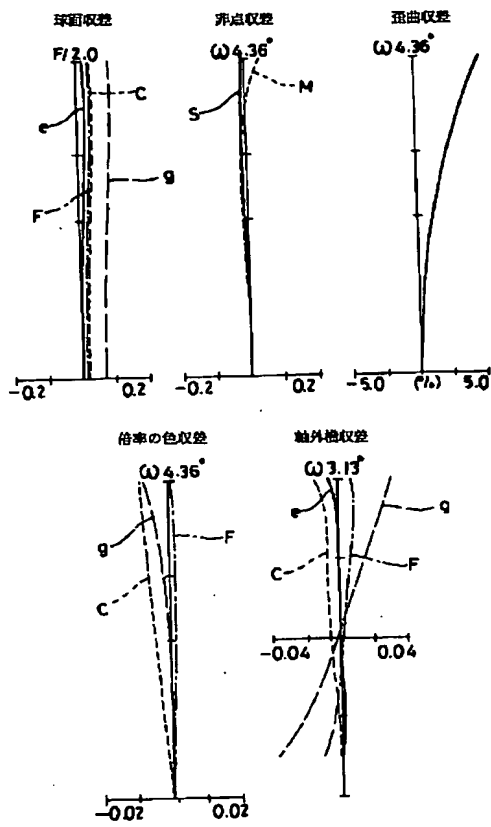
【図45】



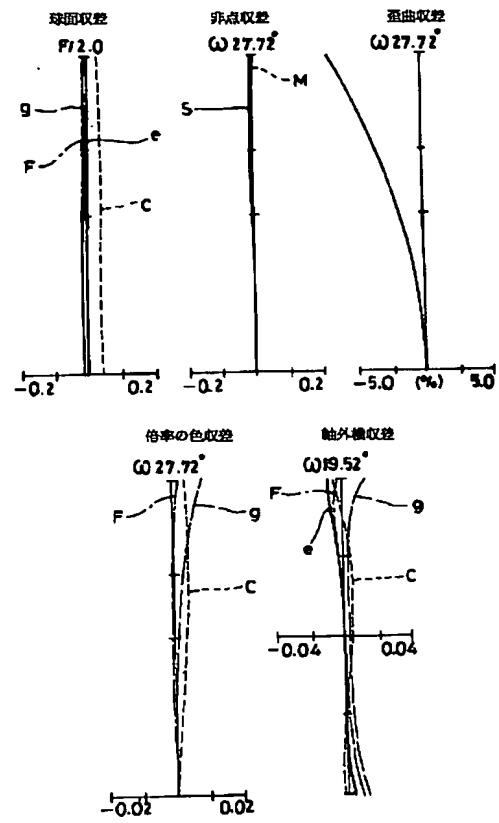
【図46】



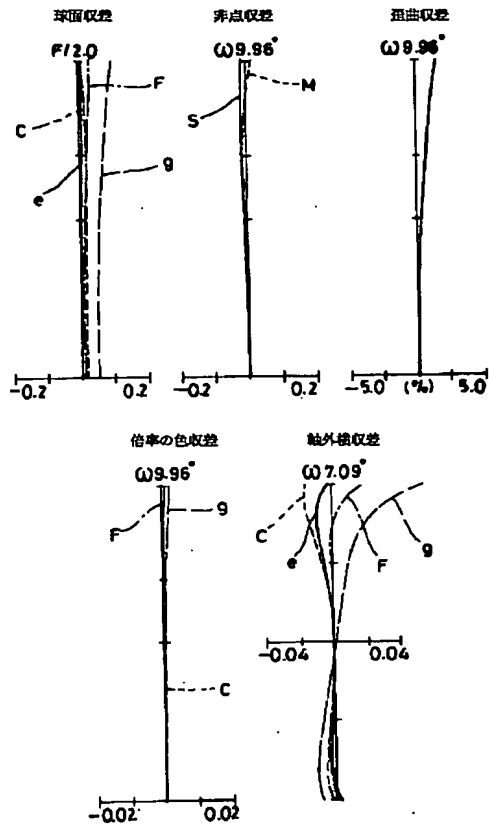
【図 47】



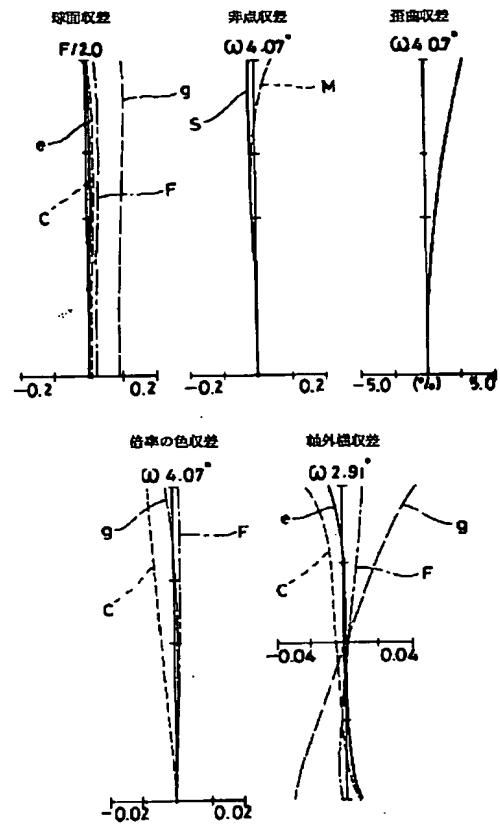
【図 48】



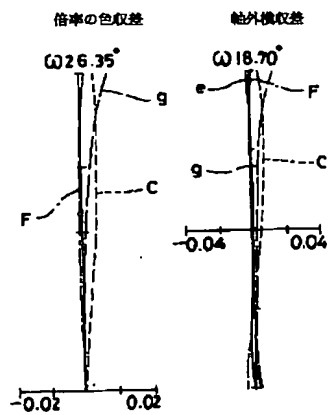
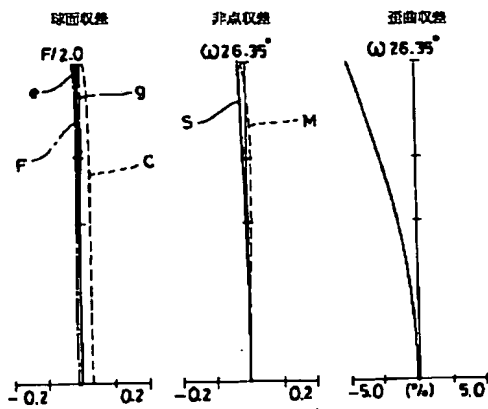
【図49】



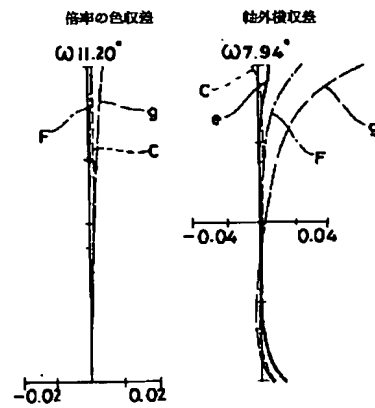
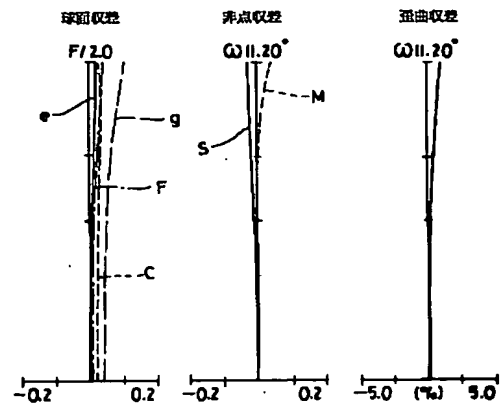
【図50】



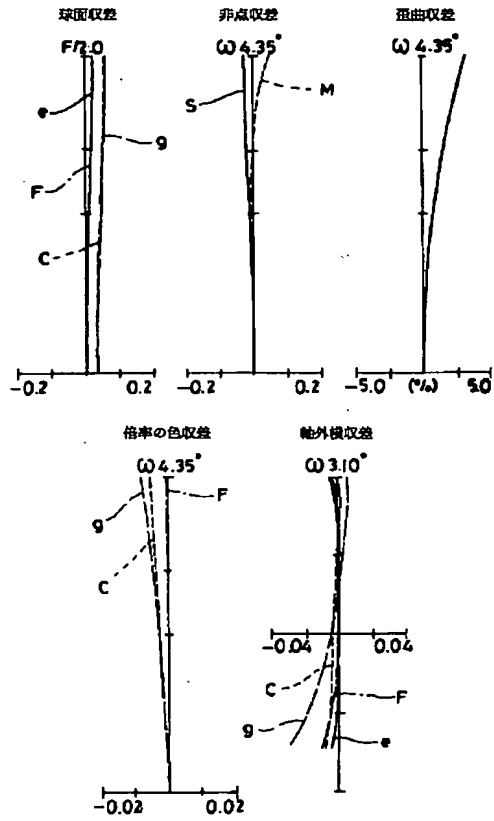
【図51】



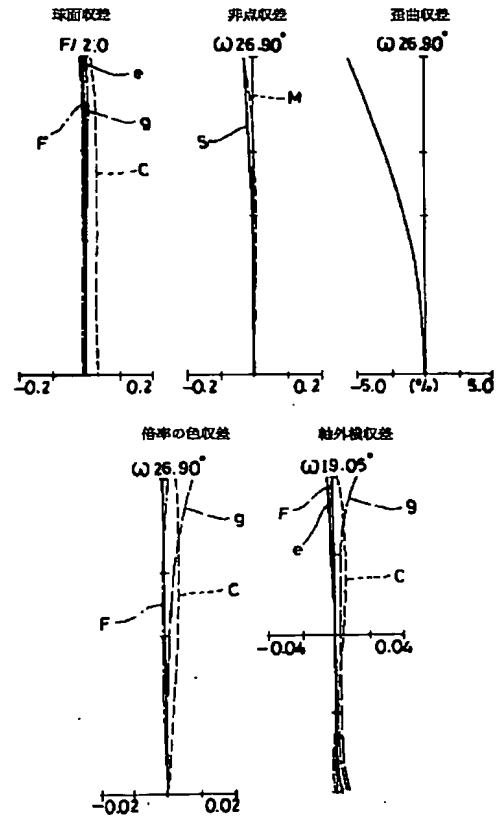
【図52】



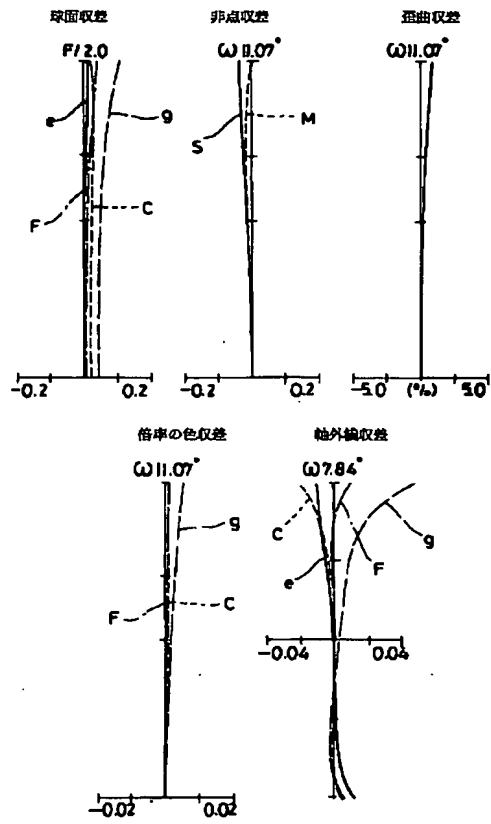
【図53】



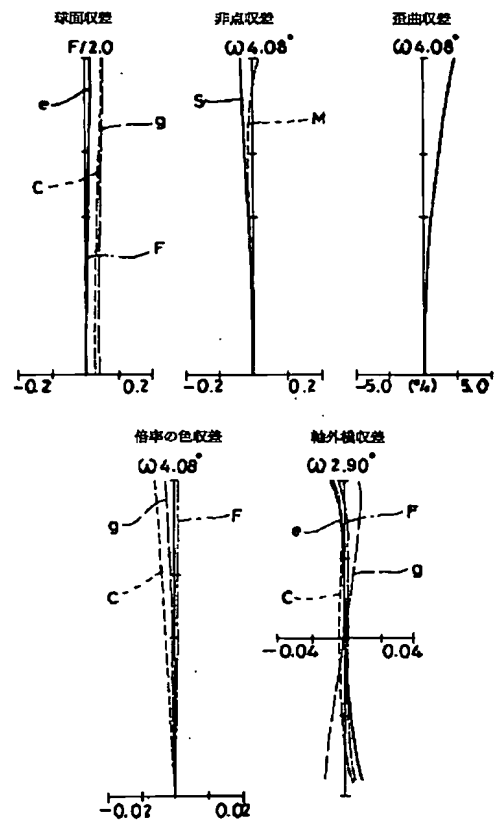
【図54】



【図55】



【図56】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 2 区分
 【発行日】平成 13 年 11 月 9 日 (2001. 11. 9)

【公開番号】特開平 8-160299
 【公開日】平成 8 年 6 月 21 日 (1996. 6. 21)
 【年通号数】公開特許公報 8-1603
 【出願番号】特願平 6-331412
 【国際特許分類第 7 版】

G02B 15/16
 13/18

【F I】

G02B 15/16
 13/18

【手続補正書】

【提出日】平成 13 年 3 月 14 日 (2001. 3. 14)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 1】物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、前記第 2 レンズ群の像側に位置する全体として正の屈折力を有する複数の*

$$(1) \quad -2.0 < f_2 / f_1 < -1.0$$

$$(2) \quad 1.2 < v_p / v_n$$

$$(3) \quad -1.5 < f_e / f_1 < -2$$

$$(4) \quad 4 < f_1 / f_2 < 8.4$$

$$(5) \quad -8.8 < (R_{e2} + R_{e1}) / (R_{e2} - R_{e1}) < -1.6$$

ただし、 f_1 、 f_2 は夫々第 1 レンズ群、第 2 レンズ群の焦点距離、 f_1 は広角端における全系の焦点距離、 f_e は最も像側のレンズの焦点距離、 v_p は最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚の正レンズのアッベ数、 v_n は最も像側のレンズ群中の少なくとも 1 枚の負レンズのアッベ数、 R_{e1} は最も像側のレンズの物体側の面の曲率半径、 R_{e2} は最も像側のレンズの像側の面の曲率半径である。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】本発明のズームレンズは、最も像側のレンズ群を少なくとも 1 枚の正レンズと、少なくとも 2 枚の負レンズにて構成し、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズとし、又条件 (2)、(3) を満足するようにした。

【手続補正 3】

* レンズ群とよりなり、ズーミングの際に少なくとも二つのレンズ群を光軸上を移動させることによって変倍作用と変倍にともなう像面位置のずれを補正する作用を持たせるようにし、最も像側のレンズ群が正の屈折力を持ち少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズとにて構成され、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズであり、下記の条件 (1)、(2)、(3)、(4)、(5) を満足するズームレンズ。

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】本発明のレンズ系において、レンズ系の全長を短くするには、第 2 レンズ群より像側の各レンズ群の屈折力を強くすることが望ましいが、最も像側のレンズ群は、結像作用を有し比較的強い正の屈折力を持つことになる。そのために、ペッツバル和と軸上色収差の発生量が大になる傾向があり、高い結像性能を持つレンズ系を達成するには、これら収差を良好に補正する必要がある。これら収差を補正するためには、上述のように、最も像側のレンズ群を少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 2 枚の負レンズで構成し、最も像側のレンズが凹面を像側に向けた負の屈折力を持つメニスカスレンズにて構成することが望ましい。最も像側のレンズ群を上記のような構成にすることにより、このレンズ群の屈折力を強くしてもペッツバル和と軸上色収差とを補正することが出来る。しかしこのレンズ群の屈折力を強く

すると正レンズにて発生する負の球面収差が大になる傾向となり、均質球面レンズのみでこれを補正することが困難になる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】また、第2レンズ群より像側の各レンズ群の中で最も像側のレンズ群以外のレンズ群は、最も像側のレンズ群に比べ屈折力が弱いため、諸収差は、最も像側のレンズ群程大きくない。しかし、最も像側のレンズ群よりも物体側のレンズ群へは、第2レンズ群からの発散光束が入射するために軸上色収差の発生量は大きくなる傾向にあり、高い結像性能のレンズ系を達成するためにはこれを良好に補正することが必要である。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正内容】

【0094】また、第4レンズ群を物体側に繰り出して至近距離物点へのフォーカシングを行なっている。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0101

【補正方法】変更

【補正内容】

【0101】この実施例2の収差状況は、図15乃至図20に示す通りで高い光学性能を有している。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0123

【補正方法】変更

【補正内容】

【0123】又、第1レンズ群G₁は、物体側より順に、負レンズと正レンズと正レンズとからなり、第2レンズ群G₂は、物体側より順に、負レンズと負レンズと正レンズとからなり、第3レンズ群G₃は、物体側より順に、正レンズと負レンズとよりなり、第4レンズ群G₄は、物体側より順に、正レンズと負レンズと正レンズと正レンズと負レンズとよりなっている。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0130

【補正方法】変更

【補正内容】

【0130】この実施例8の収差状況は、図51乃至図56に示す通りである。

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.